

**LABORATUVAR ÖLÇEKLİ BİYODİZEL ÜRETİM  
TESİSİNİN PROJELENDİRİLEREK İMAL  
EDİLMESİ VE YABANI ZEYTİNDEN  
(OLEAOLEASTER) ÜRETİLECEK BİYODİZELİN  
YAKIT ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Murat ARSLAN**



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LABORATUVAR ÖLÇEKLİ BİYODİZEL ÜRETİM TESİSİNİN  
PROJELENDİRİLEREK İMAL EDİLMESİ VE YABANI ZEYTİNDEN  
(OLEAOLEASTER) ÜRETİLECEK BİYODİZELİN YAKIT  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Murat ARSLAN**

Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ  
(Danışman)

YÜKSEKLİSANS TEZİ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

BURSA-2015

## TEZ ONAYI

Murat Arslan tarafından hazırlanan “Laboratuvar Ölçekli Biyodizel Üretim Tesisinin Projelendirilerek İmal Edilmesi ve Yabani Zeytinden (oleaoleaster) Üretilecek Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. Kamil Alibaş

**Başkan:**

**İmza**

**Üye:**

**İmza**

**Üye:**

**İmza**

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Ali Osman DEMİR**  
**Enstitü Müdürü**

21.07.2015

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

-tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,  
-görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,  
-başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,  
-atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,  
-kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,  
-ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı  
**beyan ederim.**

**21.07.2015**  
**İmza**  
**Murat Arslan**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LABORATUVAR ÖLÇEKLİ BİYODİZEL ÜRETİM TESİSİNİN  
PROJELENDİRİLEREK İMAL EDİLMESİ VE YABANI ZEYTİNDEN  
(OLEAOLEASTER) ÜRETİLECEK BİYODİZELİN YAKIT ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ

**Murat ARSLAN**

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ

Her geçen gün azalan fosil yakıtlar insanlığı yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması konusunda yeni arayışlara itmektedir. Biyodizel yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir paya sahiptir. Ham maddesi hayvansal ve bitkisel kökenli yağ olan biyodizel ülkemiz tarımı içinde önem arz etmektedir. Biyodizel toksin olmayan, doğada kolay bozulabilen ve çevreci bir yakıttır. Geleneksel dizel motorlarında değişikliğe gerek kalmadan kullanılabilir. Bu çalışmada laboratuvar ölçekli bir biyodizel tesisi projelendirilerek imal edilmiş ve imal edilen bu tesiste ormanlarımızda doğal olarak yetişen, halk arasında “Delice” adı verilen yabani zeytinden elde edilen yağın biyodizeli transesterifikasyon yöntemi ile üretilmiştir. Üretilen biyodizelin en önemli parametrelerinden olan kinematik viskozitesi ile birlikte özgül ağırlığı, iyot sayısı, parlama noktası ve ısıl değerleri teste tabi tutulmuştur. Yapılan testler sonucunda yabani zeytinyağı biyodizelinin kinematik viskozitesinin  $4.93 \text{ mm}^2/\text{s}$ , özgül ağırlığının  $0.883 \text{ g/cm}^3$ , iyot sayısının  $82 \text{ g iyot}/100\text{g}$ , ısıl değerinin  $41300 \text{ kJ/kg}$  olarak TS 14214 standardına uygun olduğu parlama noktası olarak  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  ile C1190 standardında olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyodizel, bitkisel yağ, yabani zeytin (oleaoleaster)

**2015, xiii + 74 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **MANUFACTURE OF THE PROJECTED LABORATORY SCALE BIODIESEL PRODUCTION FACILITY AND DETERMINATION OF BIODIESEL FUEL TO BE PRODUCED FROM WILD OLIVE (OLEAOLEASTER) FEATURES**

**Murat ARSLAN**

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Machinery

**Supervisor:** Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ

Every day diminishing fossil fuels is pushing humanity for new alternatives for the increase of renewable energy sources. Biodiesel has a significant share of renewable energy sources. Biodiesel produced from vegetable oils and animal fat products synthesized from natural raw materials are having a strong importance for our country. Biodiesel is a non-toxin, perishable in nature and environmentally friendly fuel. It can be used in conventional diesel engines without modification. This study is the production of a Laboratory-scale biodiesel facility which can be used in the manufacture of biodiesel and determination of biodiesel fuel properties by transesterification method which will be produced from wild olive (oleaoleaster) that grows naturally in our forests and named as “Delice” among the people. Together with kinematic viscosity of the produced biodiesel which is one of the most important parameters, its specific gravity, iodine number, flash point and calorific value were tested. The tests produced the results that the kinematic viscosity of wild olive biodiesel is 4.93 mm<sup>2</sup>/s, its specific gravity is 0.883 g/cm<sup>3</sup>, its iodine number is 82 g iodine/100g and its calorific value is 41300 kJ/kg, which is in accordance with TS 14214 standard. Its flash point is 60 °C, which has the C 1190 standard.

**Key words:** Biodiesel, vegetable oil, wild olive (oleaoleaster)

**2015, xiii + 74 pages.**

## TEŐEKKÖR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof.Dr. Kamil Alibaş'a yine desteklerini esirgemeyen eőim Çiğdem ARSLAN kızlarım Ece ve Eda ARSLAN'a teőekkörü bir borç bilirim.

Murat Arslan

21.07.2015

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Bitkisel Yağlar.....	3
1.2. Biyodizel .....	5
1.3. Dizel ve Biyodizelin Karşılaştırılması .....	8
1.4 Biyodizel Üretim Yöntemleri .....	10
1.4.1.Piroliz.....	11
1.4.2.Mikroemülsifikasyon .....	11
1.4.3.Seyreltme .....	12
1.4.4. Transesterifikasyon.....	12
1.4.5. Süper Kritik Sistem.....	16
1.5.Biyodizelin Yakıt Olarak Teknik Özellikleri .....	18
1.5.1. Biyobozunabilirlik.....	19
1.5.2. Toksik etkisi .....	19
1.5.3. Kinematik Viskozite.....	19
1.5.4. Özgül ağırlık.....	20
1.5.5. Setan sayısı .....	20
1.5.6. Isıl değer .....	20



1.5.7. Parlama noktası .....	21
1.5.8. Soğukta akış özellikleri .....	21
1.5.9. Karbon ve kükürt tayini.....	22
1.5.10. İyot sayısı .....	22
1.5.11. Yağlayıcılık .....	22
1.6. Dünyada Biyodizel .....	22
1.6.1. ABD’de biyodizel.....	22
1.6.2. AB Ülkelerinde Biyodizel .....	24
1.6.3. Türkiye’de biyodizel .....	27
1.7. Yabani Zeytin .....	29
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	31
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	44
3.1. Materyal.....	44
3.1.1. Yabani zeytinden yağ elde edilmesi.....	44
3.1.2. Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizelin üretilmesi .....	47
3.1.3. Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisi.....	48
3.1.4. Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisinin imalatı .....	48
3.1.5. Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisinin gövde imalatı.....	49
3.1.6. Reaktör tankı .....	50
3.1.7. Metoksit tankı .....	51
3.1.8. Elektrikli ısıtıcı.....	51
3.1.9. Termostatlar ve termometre .....	52
3.1.10. Pompa .....	52
3.1.11. Elektrik panosu .....	53
3.1.12. Kullanılan kimyasallar ve yağlar .....	54
3.1.13. Dijital Terazi.....	56

3.2. Yöntem .....	57
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	62
5. SONUÇ .....	64
KAYNAKLAR .....	66
EKLER .....	73
ÖZGEÇMİŞ .....	74

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ALBİYOBİR	Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birliği
ASTM	American Society for Testing and Materials
Ba	Baryum
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
C	Santigrat
CO	Karbon monoksit
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ffa	Free fatty acid
g	Gram
HC	Hidrokarbon
KCl	Potasyum klorür
KOH	Potasyum hidroksit
L	Litre
ml	Mililitre
MTEP	Milyon ton petrol eşdeğeri
NaOH	Sodyum hidroksit
TS EN 14214	Oto Biyodizel standardı
YAME	Yağ asidi metil esteri

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabilme imkânları (Oğuz ve ark. 2009) .....	5
Şekil 1.2. Biyodizel kullanımında ham madde kaynaklarının % değerleri (Şener, 2008) 6	
Şekil 1.3. Transesterifikasyon yönteminin kimyasal basamakları .....	13
Şekil 1.4. Biyodizel üretiminin işlem basamakları (Alibaş ve Ulusoy, 2002).....	15
Şekil 1.5. Süper kritik işleminin grafiği (Dinçer ve ark. 2007).....	16
Şekil 1.6. Süper kritik yöntem ile biyodizel üretimi (Anonim 2014 c) .....	17
Şekil 1.7. Yüksek frekanslı sisteminin akış şeması (Anonim 2014 c).....	18
Şekil 1.8. Dünyada üretilen biyodizelin ülkelere göre dağılımı (Anonim 2014 d).....	24
Şekil 1.9. AB Ülkelerinde biyodizel üretiminin dağılımı (Anonim 2014 d) .....	26
Şekil 1.10. AB Biyoyakıt kullanım oranının % hedefleri (Anonim 2014 d) .....	26
Şekil 1.11. Ülkemizin dizel tüketimi ve biyodizel üretimi (Anonim 2014 d).....	27
Şekil 3.1. Gemlik Asım Kocabıyık Yerleşkesi içerisinde bulunan yabancı zeytin ağaçları .....	44
Şekil 3.2. Zeytinin temizleme ve aktarma işlemi .....	45
Şekil 3.3. Zeytinyağı üretiminin işlem basamakları.....	46
Şekil 3.4. Yıllar itibariyle Türkiye’deki toplam zeytin ağacı sayısı (Anonim 2014).....	47
Şekil 3.5. Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisi.....	49
Şekil 3.6. Laboratuvar ölçekli biyodizel tesisinin gövdesi .....	50
Şekil 3.7. Reaktöre ait resimler .....	50
Şekil 3.8. Metoksit tankı .....	51
Şekil 3.9. Isıtıcı ve reaktördeki görünümü .....	51
Şekil 3.10. Termostatlara ait resimler .....	52
Şekil 3.11. Termometreler.....	52
Şekil 3.12. Pompa .....	53
Şekil 3.13. Elektrik kumanda panosu.....	53
Şekil 3.14. Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisi.....	54
Şekil 3.15. Biyodizel üretiminde kullanılan 5lt’lik metanol .....	55
Şekil 3.16. Biyodizel üretiminde kullanılan sodyum hidroksit.....	56
Şekil 3.17. Dijital terazi .....	56

Şekil 3.18. Atık kızartma yağı, rafine edilmemiş ayçiçek yağı ve rafine zeytinyağına ait biyodizel örnekleri .....	58
Şekil 3.19. Sabunlaşma sorunu yaşanan yabani zeytinyağı biyodizeli .....	60
Şekil 3.20. Üretilen yabani zeytinyağı biyodizeli .....	61

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1. Fosil kaynakların enerji talebini karşılama süresi (Anonim 2014 e).....	1
Çizelge 1.2. Dünya birincil enerji kaynakları tüketimi (MTEP) (Anonim 2014 e).....	2
Çizelge 1.3. Türkiye'nin 2013 yılı birincil enerji kaynakları üretim ve tüketimi (Anonim 2014 e).....	2
Çizelge 1.4. Biyodizel karışım oranları (Anonim 2013).....	6
Çizelge 1.5. Saf biyodizel (B100) ve % 20 oranında (B20) biyodizel kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek emisyon değerlerinin dizel yakıtlarla karşılaştırmalı değerleri ( Anonim 2014 g).....	7
Çizelge 1.6. Biyodizel ve petrol dizel yakıt özellikleri (Anonim, 2014 b).....	9
Çizelge 1.7. Biyodizel standartları (Oğuz ve ark.2009).....	10
Çizelge 3.1. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	55
Çizelge 3.2. Sodyum hidroksitin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	56
Çizelge 3.3. Yabani zeytinyağının yağ asitleri kompozisyonu (Ek 1).....	59
Çizelge 4.1. Kızartma yağından, rafine edilmemiş ayçiçek yağı ve rafine edilmiş zeytinyağından üretilen biyodizellere ait özgül ağırlık ve viskozite değerleri .....	62
Çizelge 4.2. Yabani zeytinyağı biyodizeline ait test sonuçlarının standartlara göre karşılaştırılması .....	63

## 1. GİRİŞ

Günümüzde dünyada enerji ihtiyacı ağırlıklı olarak kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kökenli, birincil enerji kaynaklarından sağlanmasına karşın bu kaynakların sonsuz olmaması insanlığı yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji teknolojisinde değerlendirilmesi konusunda artan bir ilgi ve uygulama yoğunluğuna sürüklemektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde önemli bir paya sahip olan biyodizel dünyada ve özellikle AB ülkelerinde enerji sarmalı içinde hak ettiği yeri almış ülkemiz için ise önu açık ve potansiyeli yüksek bir örnektir. Avrupa birliği ülkelerinde yıllık biyodizel üretiminin 9.570.000 ton olduğu ve bunun 700.000-1.000.000 tonunun atık yağlardan oluştuğu düşünüldüğünde 350.000 ton atık yağ potansiyeli olan ülkemizde biyodizel üretiminin ne kadar anlamlı olduğu anlaşılmalıdır (Anonim 2014 b).

Dünyada enerji talebinin son on yılda yaşanan ortalama %2,5'luk yıllık artışın 2030 yılına kadar yıllık %1,6'ya düşmesi, en hızlı artış oranının %7,6'yla yenilenebilir enerjide olması beklenmektedir. Ülkemizde ise 1990 yılından buyana yıllık enerji talep artışının %4,6 olduğu bilinmektedir. Enerjide ithal bağımlılığı %73,5 olan ülkemiz için bu veriler göstermektedir ki yenilenebilir enerjinin katma değeri çok daha fazla olacaktır. Her geçen yıl birincil enerji kaynaklarına olan talep dünyada ve ülkemizde artış göstermektedir. Bu durumun özeti Çizelge 1.1., 1.2. ve 1.3. de ayrıntılı olarak verilmiştir (Anonim 2014 e).

**Çizelge 1.1.** Fosil kaynakların enerji talebini karşılama süresi (Anonim 2014 e)

	Tüketimdeki payı%	İspatlanmış rezerv	İhtiyacı Karşılama süresi (yıl)
PETROL	36	163,6 milyar ton	40,6
DOĞALGAZ	23	179,83 trilyon m <sup>3</sup>	65,1
KÖMÜR	28	1 trilyon ton	260

**Çizelge 1.2.** Dünya birincil enerji kaynakları tüketimi (MTEP) (Anonim 2014 e)

Kaynak türü	1980		1990		2000		2013		2035	
	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%
Petrol	3.107	43	3.230	37	3.649	36,4	4.130	31,5	5.053	27
Kömür	1.788	24,8	2.331	25	2.295	22,9	3.776	28,8	5.523	30
Doğalgaz	1.235	17	1.668	19	2.088	20,8	2.793	21,3	4.380	23
Nükleer	186	2,6	526	6	675	6,7	669	5,1	1.019	5
Hidrolik	148	2,1	184	2	225	2,3	301	2,3	460	2
Biyokütle	748	10,4	903	10	1.045	10,4	1.313	10	1.741	9
Diğer Yenilenebilir	12	0,1	36	0,4	55	0,5	131	1	501	3
Toplam	7.224	100	8.779	100	10.03	100	13.113	100	18.676	100

**Çizelge 1.3.** Türkiye'nin 2013 yılı birincil enerji kaynakları üretim ve tüketimi (Anonim 2014 e)

Kaynak Türü	Birincil enerji kaynakları üretimi		Birincil enerji kaynakları tüketimi	
	Enerji üretimi (bin tep)	Oranı (%)	Enerji tüketimi (bin tep)	Oranı (%)
Kömür	17.870	55,5	35.841	31,3
Doğal gaz	652	2,0	36.909	32,2
Petrol	2.555	7,9	30.499	26,6
Hidrolik	4.501	14,0	4.501	3,9
Biyokütle	3.555	11,0	3.573	3,1
Jeotermal ısı	1.463	4,5	1.463	1,3
Yenilenebilir	1.633	5,1	1.712	1,5
Toplam	32.229	100	114.480	100

Ülkeler için yaşam kaynağı enerjidir. Enerjinin sürekli ve kesintisiz olarak karşılanması o ülkenin kalkınmasının temel taşıdır. Bu nedendir ki ülkeler enerji temini için stratejiler geliştirmeli ve bunları uygulamalıdır. Enerji kaynaklarının kesintisiz bulundurulabilmesi için üç temel yol vardır. Bunlardan ilki kendi potansiyelini belirlemesi bunları işlevsel hale getirmesi ve enerjiye dönüştürmesidir. İkinci yol ise ülke dışında enerji kaynakları bulmak ve bu kaynakları işleten şirketlerle ortaklık kurmaktır. Üçüncü ve son olarak hiçbir ülkenin zorunlu kalmadıkça yapmak istemediği fakat enerji ihtiyacının sürekli karşılanmasından dolayı zorunlu olduğu ithalattır (Anonim 2014 a).



Enerji üretiminde mümkün olduğu kadar yerel kaynaklar kullanılmalıdır. Bunun yanında çevrenin korunması, verimliliğin artırılması, kaynak çeşitliliği ve süreklilik sağlanması da önem arz etmektedir. Enerji politikalarında temel alınması gereken unsur teknolojik ve sosyal gelişmeyi destekleyecek şekilde enerji ihtiyacını karşılamak üzere sürekli, güvenilir, kaliteli, temiz ve ekonomik enerji türlerine yönelmektir (Yamık, 2002).

Ülkelerin kendi bitkisel ve hayvansal kaynaklarından elde ettikleri yakıtlara biyoyakıt adı verilir. Biyoyakıtlar bitkisel veya hayvansal kaynaklı üretime dayalı tüm katı, sıvı ve gaz yakıt türlerini kapsamaktadır. Biyoyakıt türlerinde olan biyodizel en yaygın olarak kullanılanlarından biridir.

Birinci kuşak yakıtlarından olan biyodizel mevcut standartlara göre yağ asidi metil esterleri olarak tanımlanmaktadır. Biyoyakıt dünyasındaki gelişmeler ve belirlenen hedeflere paralel olarak yağ asidi etil esterlerinin de giderek önem kazanacağı ve esnek yakıtlı taşıt uygulamaları ile ikinci kuşak motor biyoyakıtı olarak uygulamada yer bulacağı öngörülmektedir (İşler, 2012).

### **1.1. Bitkisel Yağlar**

Dr. Rudolf Diesel mineral yağ ve bitkisel yağ gibi farklı yakıtlarla çalışabilecek dizel motoru icat etmiş ve 23 Şubat 1893'de patentini almıştır.1900 yılında Paris'teki Dünya Sergisinde icat ettiği motoru gösterdiği zaman bu motor % 100 yerfıstığı yağıyla çalışıyordu.

Dr. Diesel 1911 yılında dizel motorların bitkisel yağlarla çalıştırılabileceğini belirtmiş, bunu kullanan ülkelerde tarımın gelişmesine önemli katkılarda bulunabileceğini söylemiştir. 1912 yılında ise Dr. Diesel şöyle demektedir; “Motor yakıtlarında bitkisel yağların kullanımı bugün önemsiz gibi görünebilir. Fakat bu yağlar zamanla petrol kadar önemli olacaktır” (Ulusoy ve ark. 2004).

Bitkisel yağlar yakıt olarak 1920'lere kadar kullanılmıştır. Bu tarihten sonra petrol türevi dizelin uygun fiyatı, kolay temin edilmesi ve devlet desteği ile bitkisel yağların yerini almıştır.

Türkiye bitkisel yağların yakıt olarak kullanılması ile ilgili olarak ilk çalışmasını 1934 yılında Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün direktifi ile "Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı" adı altında Atatürk Orman Çiftliğinde yapmıştır (Öğüt ve ark. 2014).

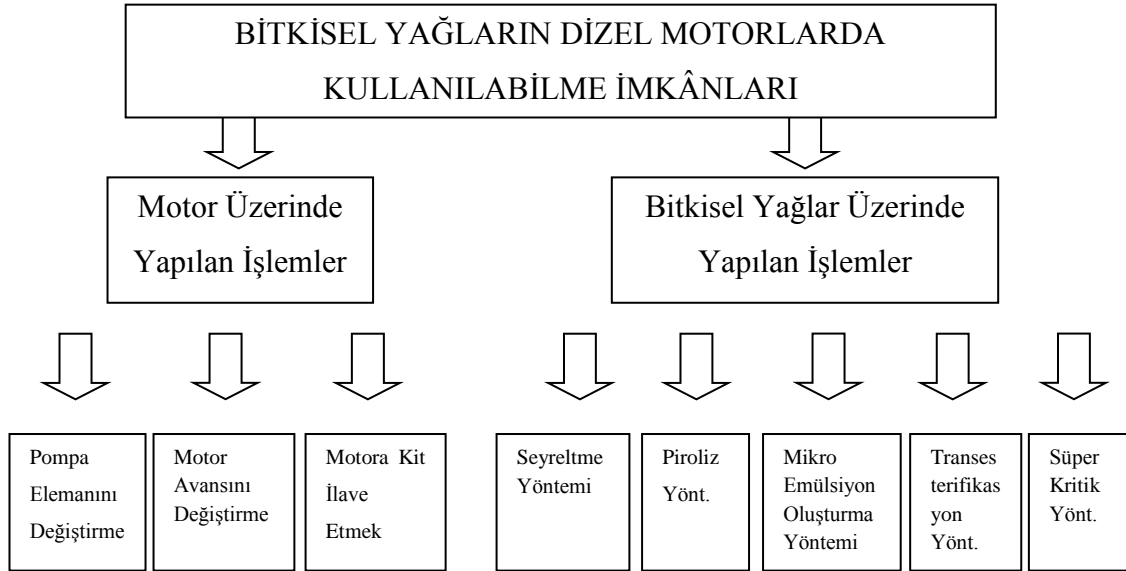
1940'lara gelindiğinde II. Dünya Savaşının yarattığı enerji arzı Nazi Almanya'sı ve Müttefiklerinin askeri araçlarında bitkisel yağ ve karışımlarını kullanmaya teşvik etmiştir. Fakat savaştan sonra bu ivmelenme devam etmemiştir.

1970 ile 1980 arasında yaşanan ekonomik kriz ve bunun yansıması olan 1973 ve 1978 petrol krizleri Henry Ford gibi araba üreticilerinin bitkisel yağlar ile araçları çalıştırma fikrini gündemlerine almasına sebep olmuş fakat bu düşünceleri petrol üretimi yapan ülkeler tarafından engellenmiştir.

1980'lerde, alternatif yakıt olabilecek bitkisel yağların yüksek viskozite sorununun, yağların katalizörlü reaksiyonuyla metil esterlerine (biyodizele), dönüştürülerek giderildiği görülmüştür. 1980'deki bu gelişmeden sonra teknolojinin hızlı değişimi ile bu alanda da yeni prosesler uygulanmaya başlanmış ve biyodizel ismi telaffuz edilir olmuştur (Yıldız, 2008).

Bitkisel yağların ilgili (DIN V 51605) yakıt standartlarına uygun olmadan doğrudan motorlarda yakıt olarak kullanımı yakıt enjeksiyon pompasında, enjektörlerde ve yanma odasında problemlere yol açmaktadır (Aydın, 2014). Bu problemlerin ilki yüksek viskozite problemi sonucu, kanola yağ karışımları tam istenen atomizasyonu sağlayamamakta ve daha iri zerrecikler halinde püskürmektedir. İkincisi yanma süresinin uzun olması dolayısı ile motor karakteristik değerlerinde düşüslere neden olmaktadır. Üçüncü ve son olarak da enjeksiyon pompasında ve enjektörlerde meydana getirdiği tahribattır.

Viskozitenin yoğunluğunu azaltmak ve bitkisel veya hayvansal kökenli yağı motora uygun hale getirebilmek için bir dizi çalışmalar geliştirilmiştir. Aşağıda Şekil 1.1. de yağların kullanım yöntemlerine ait şema verilmiştir.



**Şekil 1.1.** Bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabilme imkânları (Oğuz ve ark. 2009)

## 1.2. Biyodizel

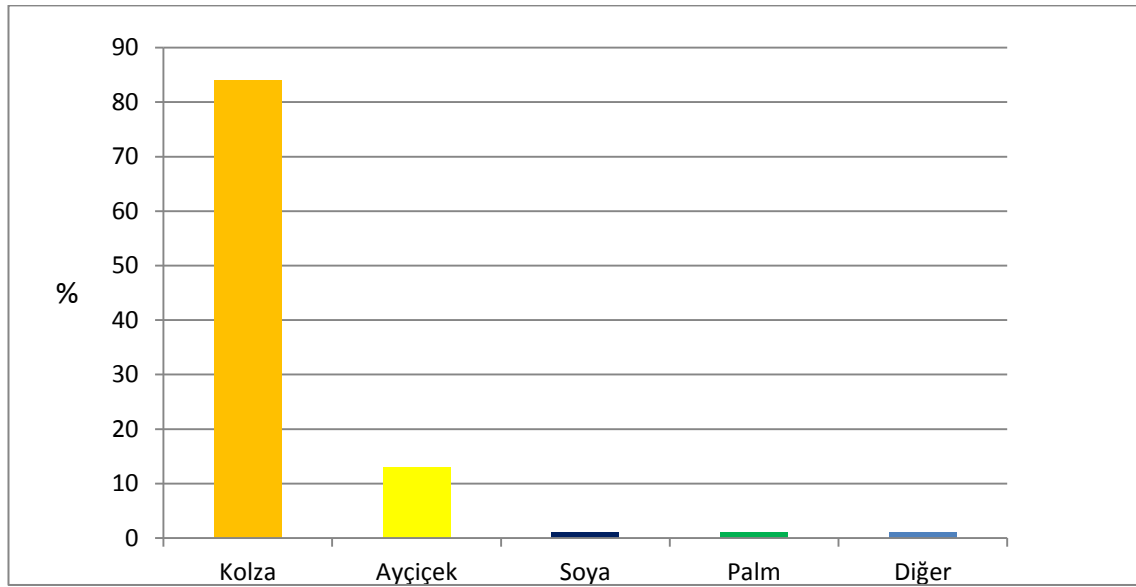
Biyodizel bitkisel ve hayvansal yağlardan yağ atık ve artıklarından üretilen TS EN 14213 ve/veya TS EN 14214 standartlarına uygun yağ asidi metil ester karışımıdır (İşler, 2007).

Günümüzde yaşanan global iklim değişikliği sorunu, hava ve su kalitesindeki düşüş ve insan sağlığı sorunları yenilenebilir, emisyonlarıyla temiz, çevreci alternatif yakıt biyodizel kullanımını hızla hayata geçirmiştir (Anonim 2014 d).

Biyodizel petrol içermez fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizelle karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları dizel motorlarda, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan kullanılabilir.

Biyodizelin üretildiği kaynaklar: Kanola, Aspir, Soya, Palm, Ayçiçek, Zeytin, Pamuk Çiğiti, Prina, Yabani Hardal, diğer yağlı tohum ve meyveler, atık kızartma yağları, meyve çekirdekleri ve hayvansal yağlar olarak sıralanabilir (Öğüt ve Oğuz, 2006).

Biyodizel üretiminde kullanılan hammadde kaynaklarının yüzdelik dilimdeki miktarına ilişkin grafik aşağıda Şekil 1.2. de verilmiştir.



**Şekil 1.2.** Biyodizel kullanımında ham madde kaynaklarının % değerleri (Şener, 2008)

Biyodizel, direkt araçlarda kullanılabildiği gibi belli oranlarda petrol türevi dizelle karıştırılarak kullanılabilir. Bu karışım oranları standartlaştırılmış ve oranları bazında aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır. Bu standart değerler aşağıda Çizelge 1.4. de verilmiştir.

**Çizelge 1.4.** Biyodizel karışım oranları (Anonim 2013)

Sembol	% Biyodizel	% Dizel
B5	5	95
B20	20	80
B50	50	50
B100	100	-

Sera gazları içinde büyük bir pay sahibi olan CO<sub>2</sub> dünyanın en önemli çevre sorunu olan küresel ısınmaya neden olmaktadır ve yanma sonucu ortaya çıkan bir emisyondur. Yine yanma sonucu açığa çıkan ve sera gazları arasında yer alan CO, SOX ve NOX emisyonları insan sağlığına da zararlıdır (Çetinkaya ve ark. 2005).

Biyodizel tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, biyolojik karbon döngüsü içinde fotosentez ile CO<sub>2</sub>'i dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez, yani biyodizel CO<sub>2</sub> emisyonları için doğal bir yutak olarak düşünülebilir. Ayrıca CO ve SOX, emisyonlarının, parçacık madde ve yanmamış hidrokarbonların (HC) daha az salındığı kanıtlanmıştır (Anonim 2014 g).

Ozon tabakasına olan olumsuz etkiler biyodizel kullanımında dizel yakıtı göre % 50 daha azdır. Asit yağmurlarına neden olan kükürt bileşenleri biyodizel yakıtlarda yok denecek kadar azdır.

Biyodizel yakıtların bileşiminde bulunan oksijenin reaksiyona girmesi nedeniyle yanma sonucu ortaya çıkan CO oranı dizel yakıtların yanması sonucu oluşan CO oranından %50 daha azdır (Noureddini ve ark. 1998).

Saf biyodizel (B100) ve % 20 oranında (B20) biyodizel kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek emisyon değerlerinin dizel yakıtlarla karşılaştırmalı değerleri Çizelge 1.5. de verilmektedir.

**Çizelge 1.5.** Saf biyodizel (B100) ve % 20 oranında (B20) biyodizel kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek emisyon değerlerinin dizel yakıtlarla karşılaştırmalı değerleri ( Anonim 2014 g)

	B100	B20
Yanmamış Hidrokarbonlar	-%93	-%30
Karbon Monoksit	-%50	-%20
nPAH (Nitratlı Maddeler)	-%90	-%50
Hidrokarbonların Ozon Tabakasına Etkisi	-%50	-%10
Sülfatlar	-%100	-%20
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar-PAH (Kanserojen Maddeler)	-%80	-%13
NO <sub>x</sub> (Azot Oksitler)	-%13	+%2
Partükül madde	% 0	-%22

### 1.3. Dizel ve Biyodizelin Karşılaştırılması

Viskozite, biyodizelin en önemli özelliklerinden biridir. Viskozite arttıkça yakıtın besleme sisteminde borularda ve pompada akıcılığı zorlaşır. Pompa tarafından yanma odasına püskürtülen yakıt zerrecikleri ne kadar küçük olursa yakıtın hava ile karışımı o kadar iyi ve tutuşma o derece kolay olur. Özellikle düşük sıcaklıklarda viskozitenin artması yakıtın akışkanlığını dolayısıyla yakıt enjeksiyon sistemini etkiler ve yakıt püskürtmesinde aksaklıklara neden olur. Viskozitenin artması pompa basıncının artmasına neden olur bu durum pompanın gereğinden fazla ısınmasına ve bunun sonucunda arızalara neden olur. Biyodizelin yoğunluk ve viskozite gibi özellikleri dizel yakıtı değerlerine oldukça yakındır (Aydın ve ark. 2014).

Biyodizel %11 oranında oksijen içermektedir. Oksijen içeriği fazla olan yakıtların yanma verimliliği içerisinde oksijen içermeyen yakıtlara göre daha yüksektir. Biyodizel petrol türevi dizele göre %5-%8 arasında değişen oranda daha düşük enerjiye sahiptir. Kalorisi düşük olmasına karşın biyodizel içerdiği oksijen sayesinde yanma kalitesinin artması nedeniyle petrol türevi dizele yakın özgül yakıt tüketimi değerlerine sahiptir. Biyodizelin ısı değeri fosil dizel yakıtına göre daha düşüktür. Aynı motor çalışma şartları altında, biyodizelin güç ve torku daha düşüktür. Enjeksiyon hacmi artarsa aynı motor performansı elde edilebilir. Ancak yakıt sarfiyatı artar.

Biyodizelin fosil dizele karşı üstünlüklerinden birisi de parlama noktası ile yanma noktasının yüksek olmasıdır. Bu özellikler biyodizeli depolama ve nakliye etme konusundan petrol türevi dizele göre olumlu yönde bir adım öne taşımaktadır. Fosil dizel motor yağlama özelliği bakımından içeriğindeki düşük miktardaki kükürt miktarının azlığından dolayı yağlama özelliği zayıftır fakat biyodizel içeriğindeki kükürt miktarının motorine nazaran daha fazla olmasından dolayı yağlama özelliği daha fazladır. Bu nedenle biyodizel kullanan motorlarda piston, segman, yakıt pompası ve enjektörlerdeki aşınma daha azdır. Çizelge 1.6. da biyodizel ve petrol dizelinin yakıt özellikleri verilmiştir (Güler, 2008).

**Çizelge 1.6.** Biyodizel ve petrol dizel yakıt özellikleri (Anonim, 2014 b)

<b>Özellikler</b>	<b>Petrol Dizeli</b>	<b>Biyodizel (Kanola)</b>
Kapalı Formül	C <sub>12,226</sub> H <sub>23,29</sub> S <sub>0,0575</sub>	C <sub>19</sub> H <sub>35</sub> O <sub>2</sub>
Molekül Ağırlığı, (g/mol)	120-320	296
Alt Isıl Değeri Kütleli,(kJ/kg) Hacimsel,(kJ/L)	42700 35500	37100 32600
Yoğunluk,15°C, (kg/mL)	820-860	875-880
Kinematik Viskozite 40 °C, (mm <sup>2</sup> /s)	2,50-3,50	4,3
Alevlenme Noktası, (°C)	>55	>100
Kükürt İçeriği (% ağı.)	<0,05	<0,01
Tutuşma Katsayısı (Setan Sayısı)	49-55	>55
Kül (% ağı.)	<0,01	<0,01
Su miktarı (mg/kg)	<200	<300

Biyodizel tüm dünyada kabul görmüş ve kullanılmakta olan çevreci bir yakıttır ve her üründe olduğu gibi standartlaştırılmıştır. Çizelge 1.7. de biyodizelin ülkeler bazında standartları verilmiştir.

**Çizelge 1.7. Biyodizel standartları (Oğuz ve ark.2009)**

Biyodizel	Birim	Avusturya Standardı (C1190 Feb.9.11)	DIN 51606 Eylül 1997	U.S. Kalite Spesifikasyonu NBB/ASTM	Avrupa Standardı EN 14214
Yoğunluk (15 °C) de	g/cm <sup>3</sup>	0.86-0.90	0.875-0.90	/	0.86-0.90
Kinematik Viskozite(40 <sup>0</sup> C)	mm <sup>2</sup> /s	6.5-9.0(20 <sup>0</sup> C)	3.5-5.0	1.9-6.0	3.5-5.0
Parlama noktası	<sup>0</sup> C(F)	min. 55(131)	min. 110(230)	min. 100(212)	min 120(248)
Toplam Kükürt	mg/kg	max. 200	max. 100	max. 500	max. 10.0
Setan sayısı	-	min. 48	min. 49	min. 40	min 51
Toplam askıda madde	mg/kg	/	max. 20	/	max. 24
Nötralizasyon değeri	mg	max. 1	max. 0.5	max. 0.8	max. 0.5
Metanol içeriği	% ağırlıkça	max. 0.3	max. 0.3	max. 0.2	max. 0.2
Ester içeriği	% ağırlıkça	/	/	/	min. 96.5
Monoglisidler	% ağırlıkça	/	max. 0.8	/	max. 0.8
Diğlisidler	% ağırlıkça	/	max. 0.4	/	max. 0.2
Serbest gliserol	% ağırlıkça	max. 0.03	max. 0.02	max. 0.02	max. 0.02
Toplam gliserol	% ağırlıkça	max. 0.25	max. 0.25	max. 0.24	max. 0.25
İyot sayısı	/	/	max. 115	/	max. 120

#### 1.4 Biyodizel Üretim Yöntemleri

Bitkisel yağlardan yaklaşık olarak hidrokarbon kökenli dizel yakıtı özelliklerinde ve performansında yakıt elde etmek için şimdiye kadar birçok çalışma yapılmıştır. Triglisidleri dizel yakıtı olarak kullanmada karşımıza çıkan sorunlar çoğunlukla onların yüksek viskozitesi, az uçuculukları ve çoklu doymamışlık özellikleri ile ilişkilidir. Bu özellikleri değiştirmek için en çok kullanılan dört yöntem vardır (Demir, 2006).

2015 yılı itibari ile bilinen bu yöntemlere beşinci olarak Süper Kritik eklenmiştir. Bilimsel ve teknolojik gelişmeler göstermektedir ki önümüzdeki yıllarda yeni yöntemlerin de geliştirilebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.



- Piroliz
- Mikroemülsifikasyon
- Seyreltme
- Transesterifikasyon
- Süper Kritik

#### **1.4.1.Piroliz**

Piroliz hava veya azot varlığında termal enerji uygulanması sonucu ortaya çıkan kimyasal değişim olarak tanımlanır. Günümüze kadar yapılan çalışmalar; sıcaklığın elde edilen ürün üzerindeki etkisi, katalizör kullanımı, çoğunlukla metalik tuzlar, hidrokarbon kökenli dizel yakıtında bulunanlara benzer parafin ve olefin elde etmek, termal ayrışma ürünlerinin tamamlanması gibi konuları içermektedir.

Trigliseridlerin termal ayrışma ürünleri alkanlar, alkenler, alkadienler, aromatikler ve karboksilik asitler gibi bileşik sınıflarını içermektedirler. Farklı bitkisel yağların termal ayrışma ürünleri birbirlerinden çok farklıdır. Trigliceridler farklı moleküllerden oluştuğu için termal ayrışma mekanizmaları da komplekstir (Zappi ve ark. 2003).

#### **1.4.2.Mikroemülsifikasyon**

Mikroemülsiyonlar yağın, suyun, yüzey aktif maddenin ve diğer amfifilik moleküllerin izotropik, saydam veya yarı şeffaf termodinamik olarak kararlı dağılımıdır. Mikroemülsiyonlarda damla çapı  $100 \text{ \AA}$  den  $1000 \text{ \AA}$  'ya kadar değişmektedir. Bir mikroemülsiyon bitki yağından, ester ve seyrelticeden veya bir alkol ve yüzey aktif maddeden elde edilebilir. Mikroemülsiyonlar, içerdiği alkolün dizel yakıtından daha düşük hacimsel ısı kapasitesine sahiptirler, fakat alkoller yüksek buharlaşma gizli ısısına sahiptir ve yanma odasını soğutma eğilimindedir. Metanolün bitki yağı ile olan emülsiyonu neredeyse dizel yakıtı kadar etki gösterebilir ( Zappi ve ark. 2003).

Bu yöntemdeki sakınca düşük sıcaklıklarda karışımın ayrışma eğilimi göstermesi ve alkollerin setan sayılarının düşük olması nedeniyle emülsiyonunda setan sayısının düşük olmasıdır (Öğüt ve ark. 2006).

Mikroemülsiyon oluşturma yöntemi ile hazırlanan yakıtların ısı değerleri, alkol içermeleri nedeni ile dizel yakıtına oranla daha düşüktür, bu da güçte bir miktar düşmeye neden olmaktadır. Öte yandan, alkollerin gizli buharlaşma ısılarının yüksek olması yanma odasının bir miktar soğumasına, bu da enjektör uçlarında karbon birikimlerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu yöntemle hazırlanan yakıtların özellikle dizel yakıtına alternatif olabilme niteliği gösterdiği, ancak uzun süreli motor testlerinin gerekli olduğu araştırmacılarca belirtilmektedir (Ulusoy ve ark. 2004).

#### **1.4.3.Seyreltme**

Bitki yağı dilüsyonundan çözen veya etanol gibi maddelerle dizel yakıtları elde edilebilir. Yüksek oleik asitli bir yağ olan ayçiçeği yağının dizel yakıtları ile 1:3 oranında dilüsyonu Ziejewski tarafından motor testleri çalışmalarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda ise harmanlamanın viskozitesi 40 °C’de 4,88 mm<sup>2</sup>/s olarak bulunmuştur ( Zappi ve ark. 2003).

Ancak harmanlama uzun kullanım dönemlerinde direkt enjeksiyonlu dizel motorlarda enjektör ağız koklaşmasına ve yapışkanlığa yol açtığından ve ayrıca motor yağı birikmesine neden olduğu için uygulanması önerilmemektedir.

Soya yağının standart bir çözenle (%48 parafin ve %52 napten) 1:1 oranında harmanlaması sonucu oluşan dilüsyonun viskozitesi 38 °C’de 5,12 mm<sup>2</sup>/s’ ye sahiptir. Elde edilen yakıt giriş vanalarının lalelerinde ağır karbon birikimine sebep olmakta ve üst yüzük aşındırmasına sebep olmaktadır.

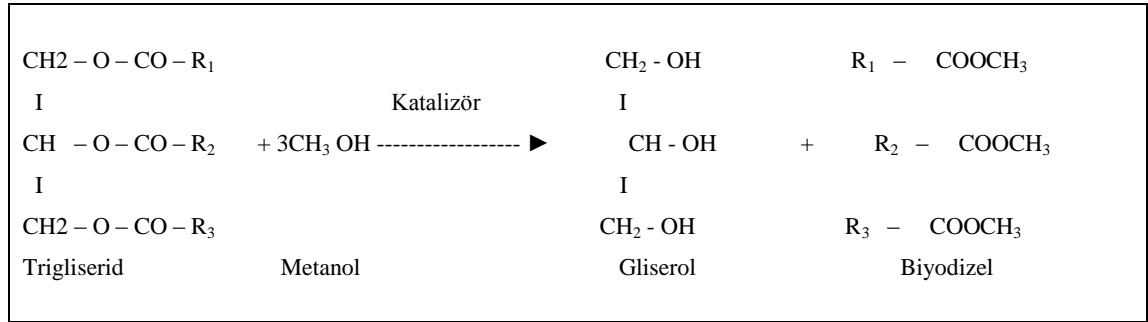
#### **1.4.4. Transesterifikasyon**

Alkoliz olarak da adlandırılabilen transesterifikasyon, trigliseridlerin viskozitesini azaltmak amacıyla uygulanan bir işlemdir. Transesterifikasyon reaksiyonunda yağ, monohidrik bir alkolle (etanol, metanol), katalizör (asidik, bazik katalizörler ile enzimler) varlığında ana ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek esterleşir. Ayrıca esterleşme reaksiyonunda yan ürün olarak di ve monogliseridler, reaktan fazlası

ve serbest yağ asitleri oluşur. Biyodizel üretiminde kullanılan katalizörler asidik katalizörler ( $H_2SO_4$  “sülfürik asit” ve  $HCl$  “hidroklorik asit”). Bazik katalizörler ise  $KOH$  “potasyum hidroksit” ,  $NaOH$  “sodyum hidroksit” tir. Bu katalizörlerden farklı olarak günümüzde enzimatik katalizörlerde kullanılmaktadır. Bazik asidik katalizörlerin tercih edilmesinin nedenleri aşağıda verilmiştir.

- Bazik katalizörlerle gerçekleştirilen reaksiyonlarda verimin yüksekliği
- Daha az korozif olması
- Reaksiyon süresinin çok daha kısa olması
- Asidik katalizör kullanımında aside dayanıklı tank gereksiniminin maliyeti arttırması
- Serbest yağ asidi oranının %10-15 civarında olduğu yağlarda bazik katalizörlerin serbest yağ asitleri ile reaksiyona girerek sabun oluşumuna neden olması (Anonim 2014).

Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretiminde Şekil 1.3. de gösterilen kimyasal reaksiyon gerçekleşmektedir.



**Şekil 1.3.** Transesterifikasyon yönteminin kimyasal basamakları

Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretiminde aşağıdaki işlem basamakları takip edilmektedir.

#### ***Alkol ve katalizörün karıştırılması***

Katalizör sodyum hidroksit veya potasyum hidroksittir. Katalizör bir karıştırıcı yardımı ile metil veya etil alkol içerisinde çözünür.

#### ***Reaksiyon***

Biyodizel üretiminde kullanılacak olan hayvansal veya bitkisel kökenli yağ ısıtılır fakat burada dikkat edilmesi gereken yağın sıcaklığının  $65\ ^\circ C$ 'yi geçmemesidir. Bunun nedeni alkol olarak metil alkol kullanılması halinde buharlaşan metil alkolün reaksiyona

giremeyerek tutuşabilir hale gelmesidir. Bu nedenle reaksiyon sıcaklığının genelde 60 °C'yi geçmemesi sağlanmalıdır. Belli sıcaklığa getirilen yağın içerisine daha önce hazırlanan alkol katalizör karışımı katılır. Bundan sonra yapılması gereken karışımın sıcaklığını sabit tutarak 1-8 saat karıştırmaktır. Önerilen reaksiyon süresi 1-8 saat arasında değişmektedir.

Reaksiyon süresi kullanılan yağın kalitesi, katalizör, sıcaklığın sabit tutulabilme derecesi ve alkol miktarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Ortamdaki alkolün uçuculuğunu önlemek için reaksiyonun kapalı ortamda gerçekleşmesi önemlidir.

Biyodizel üretiminde kullanılan hayvansal veya bitkisel yağ kaynağının içerisindeki su ve serbest yağ asitlerinin miktarı sabun oluşumu ve gliserin yan ürününün alt akım olarak ayrılması sorunlarına neden olabilir.

### ***Ayırma***

Reaksiyon tamamlandığında iki ana ürün olan gliserin ve biyodizel ortaya çıkar. Gliserin fazının yoğunluğu biyodizel fazından çok daha fazla olduğundan çöktürme kabında iki faz rahatlıkla birbirinden ayrılabilir. Bazı sistemlerde bu iki fazı birbirinden ayırmak için santrifüj yöntemi kullanılmaktadır.

### ***Alkolün uzaklaştırılması***

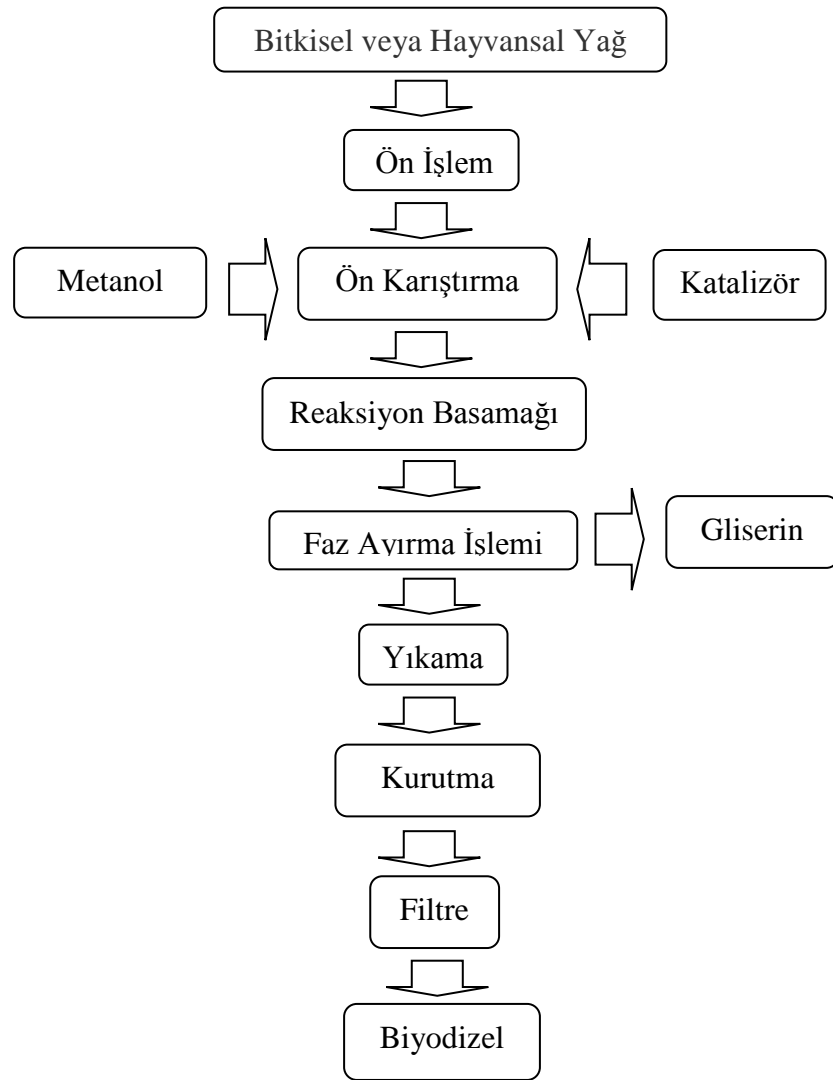
Gliserin ve biyodizel fazları birbirinden ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkol buharlaştırma yöntemi ile ortamdan uzaklaştırılır. Bu buharlaştırma esnasında alkol distilasyon kolonu kullanılarak geri kazanılır ve tekrar kullanılır. Geri kazanılan alkol içerisinde su bulunmamaktadır (Güler, 2008).

### ***Gliserin nötralizasyonu***

Biyodizel üretiminde oluşan fazlardan biri olan gliserinin içerisindeki katalizör madde artıkları, alkol, kullanılan katalizöre bağlı olarak oluşan tuz ve nötralize edilmiş sabun ham gliserin olarak ham gliserin tankına yollanır. İlk etapta ham gliserin içerisindeki tuz ortamdan uzaklaştırılarak hayvan yemi olarak kullanılmaya hazır hale getirilir. Ham gliserin içerisinde kalan su ve alkolde uzaklaştırıldıktan sonra %80-%88 saflık oranında gliserin elde edilir. Eğer bu gliserin daha kapsamlı işlemlerden geçirilirse %99 veya daha yüksek saflıkta gliserin elde edilerek kozmetik ve ilaç sektöründe kullanılabilir.

### *Metil ester yıkama işlemi*

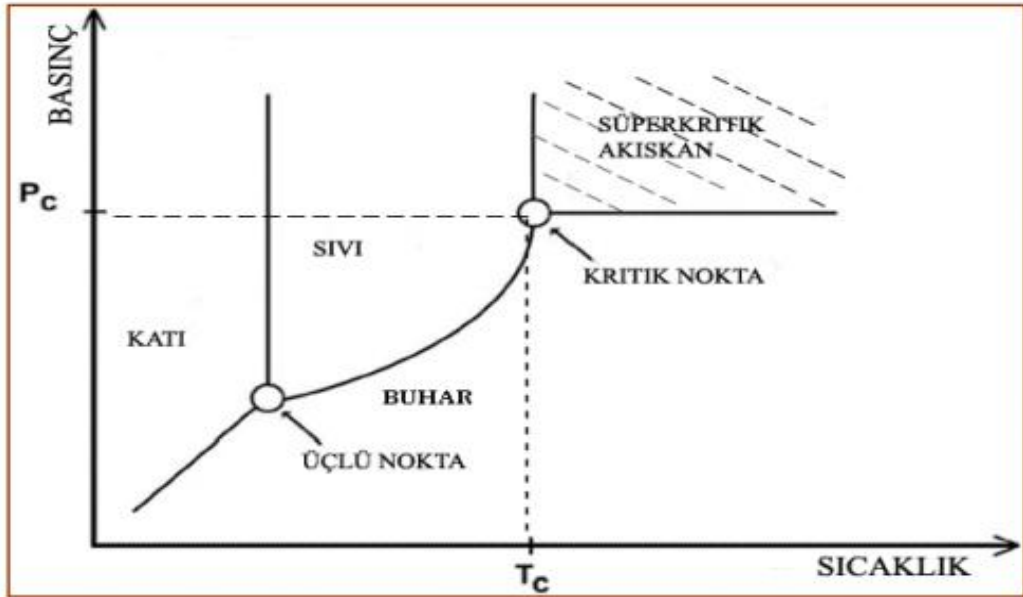
Gliserinden ayrılan biyodizel içerisindeki katalizör artıklarında ve sabundan kurtulmak için ılık su ile yavaş bir şekilde birkaç defa yıkanır. Yıkanan biyodizel içinde kalan su zerreciklerini uzaklaştırmak için 110 °C ye kadar ısıtılarak içerisindeki suyun buharlaşması sağlanır. Bu işlemden sonra viskozitesi petrodizele yakın açık sarı renkte bir sıvı ortaya çıkar. Bu üretim işleminin sonudur. Üretilen biyodizel depolama tankına gönderilir ve kullanılmadan önce filtreden geçirilir. Şekil 1.4. de belirtilen yöntem ile biyodizel üretiminin işlem basamakları gösterilmiştir.



**Şekil 1.4.** Biyodizel üretiminin işlem basamakları (Alibaş ve Ulusoy, 2002)

### 1.4.5. Süper Kritik Sistem

Bir maddenin, basınç-sıcaklık faz diyagramında, buhar-sıvı denge eğrisinde ileriye doğru hareket edilecek olursa, sıcaklık ve basıncı artar. Isıl genleşmeler nedeniyle, sıvının yoğunluğu azalırken basıncın artmasından dolayı gazın yoğunluğu artmaya başlar giderek iki fazın yoğunlukları birbirine yaklaşır, gaz ve sıvı arasındaki farklar kaybolur ve eğri bir kritik noktaya gelir. Örnek verecek olursak metanol için bu kritik nokta sıcaklık için  $239^{\circ}\text{C}$  basınç olarak 81 bardır. Bu noktada madde artık “akışkan” olarak adlandırılabilir. Böylece, maddenin sıcaklığı kritik sıcaklığının ( $T_c$ ), basıncı ise kritik basıncının ( $P_c$ ) üzerine çıkartıldığında katı, sıvı ve gaz fazlarından daha farklı, yeni bir bölge ortaya çıkar ve bu bölgedeki akışkan “süper kritik akışkan (SC)” olarak tanımlanır. Bu durum Şekil 1.5. de verilmiştir.

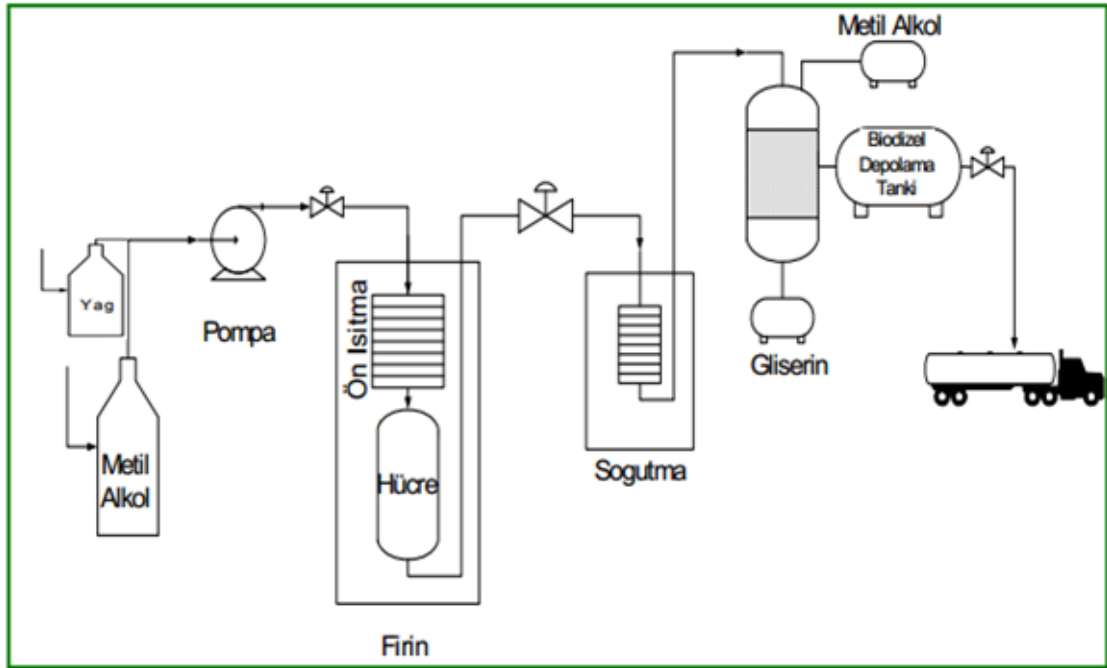


Şekil 1.5. Süper kritik işleminin grafiği (Dinçer ve ark. 2007)

Süper kritik akışkanların fizikokimyasal özellikleri sıvılarla gazların özellikleri arasındadır. Bu özellik süper kritik akışkanların daha etkin bir çözücü olmasını sağlamaktadır. Süper kritik bir akışkanın çözme gücü o akışkanın yoğunluğuna bağlıdır. Süper kritik akışkanların yoğunlukları sıvıların, viskozite ve yayınlıkları ise gazlarınkine benzemektedir. Yoğunluğun artması ile süper kritik akışkanların çözme güçleri artmakta ve gazlara göre daha fazla madde çözebilmektedirler. Yayınlığın

artması ve viskozitenin azalması ile süper kritik akışkanlar, katı yapıdaki gözeneklerde gazlar gibi kolayca yayılabilmekte ve çözme güçleri artmaktadır.

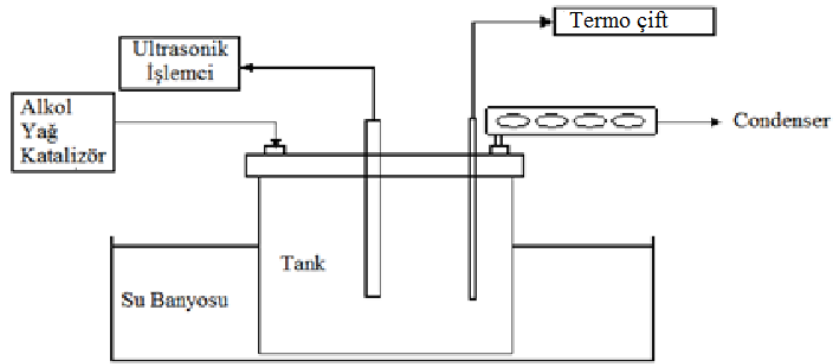
Süper kritik yönteminde işlem, transesterifikasyon yönteminden farklı olarak katalizör kullanmadan 350°C gibi yüksek sıcaklıklarda ve yüksek basınç altında 240 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleşmektedir (Anonim 2014 c). Süper kritik yöntem ile biyodizel üretimi Şekil 1.6. da verilmiştir.



Şekil 1.6. Süper kritik yöntem ile biyodizel üretimi (Anonim 2014 c)

Bilindiği üzere transesterifikasyon yöntemi sırasında reaksiyon süresi 1-8 saat arasında değişmektedir bu süre büyük kapasiteli işletmeler için bir dezavantajdır. Günümüzde bu süreyi azaltmak için yeni arayışlara başvurulmaktadır. İşte bu arayışlar sonucunda yüksek frekanslı sistem geliştirilmiş reaksiyon süresi dakikalar düzeyine indirilmiştir. İlk yatırım maliyeti fazla olsa da bu sistem uzun vadede maliyeti düşürebilecek yöntemlerden birisidir. Yüksek frekanslı sistemde her biyodizel işlemci, biyodizel reaktörü içerir. Bu yöntem biyodizel üretimini hızlandırır. Ultrasonik biyodizel üretim metodunda amaç mümkün olan en kısa zamanda ve en verimli şekilde de biyodizel

üretmektir. Bu yöntemde Ultrasonik ses dalgaları katkı maddelerini uygun bir şekilde karıştırır. Bu titreşimler kavitasyon kabarcıkları oluşmasına sebep olur. Bu işlem sırasında bir miktar ısı açığa çıkar. Bu yöntemde ortamın ısıtılmasına gerek yoktur. Ultrasonik biyodizel üretiminde ister küçük tesis ister büyük tesis olsun üretim aynı kalite ve hızda olmaktadır (Anonim 2013). Şekil 1.7. de yüksek frekanslı sisteminin akış şeması verilmiştir.



**Şekil 1.7.** Yüksek frekanslı sisteminin akış şeması (Anonim 2014 c)

Biyodizel üretimini hızlandıracak yöntemlere enzimler ve mikrodalgalar kullanılarak reaksiyon süresini azaltma işlemi de örnek verilebilir.

2015 yılına gelindiğinde yukarıda açıklandığı gibi üretim yöntemlerini hızlandıracak yeni bilimsel çalışmaların ortaya çıkabileceği göz ardı edilmemelidir.

### **1.5.Biyodizelin Yakıt Olarak Teknik Özellikleri**

Biyodizel petrol türevi olan dizel ile her açıdan karşılaştırılabilir. Dizel motorda kullanılan biyodizelin egzoz emisyon değerleri bakımından petrol dizeline göre karşılaştırıldığında zararlı gazlar bakımından düşük emisyon değerlerine sahip olduğu motor yağlama açısından da daha verimli olduğu yapılan bilimsel çalışmalarda ispatlanmıştır.



### **1.5.1. Biyobozunabilirlik**

Biyodizeli oluşturan C16-C18 metil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozular, 10000 mg/l'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suya bırakıldığında motorinin %40'ı biyodizelin ise %95'i bozunabilmektedir. Biyodizelin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir (Öğüt ve ark. 2006).

### **1.5.2. Toksik etkisi**

Biyodizelin olumsuz bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Biyodizel tuz ile karşılaştırıldığında tuzun biyodizele oranla 10 kat daha fazla öldürücü etkiye sahip olduğu deneysel çalışmalarda ortaya konulmuştur. Biyodizelin deriye temasında %4'lük sabun çözeltisinin yarattığı kadar etkisi olduğu saptanmıştır. Karışım olarak kullanılan biyodizelerde ise motorin için gerekli olan havalandırma ve göz koruma elemanlarının kullanımı tercih edilmelidir (Anonim 2014 b).

### **1.5.3. Kinematik Viskozite**

Viskozite akış halinde olan bir sıvının akmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Kinematik viskozitenin tayininde prensip, kısaca, numunenin sabit bir sıcaklıkta düşey bir boru içerisinde akıtılması ve boru üzerinde işaretlenmiş belirli bir mesafeyi geçmesi için geçen zamanın ölçülmesinden ibarettir. Yakıt besleme sisteminde yakıtın akıcılığı çok önemlidir. Yakıtın silindirler içinde atomizasyonu yanma performansı açısından çok önemlidir. Yüksek viskozite yakıtın fakir atomizasyonuna, kötü yanmaya, enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikmesine sebep olur. Yüksek viskozite yüksek pompalama basıncı gerektirir. Enjektörlerin püskürtmesini azaltır. Biyodizelin viskozitesi yaklaşık 3,5–6 mm<sup>2</sup>/s kadardır. Hidrokarbonların zincir uzunluğu arttıkça viskozite artar, çift bağ sayısı arttıkça viskozite azalır. Biyodizelin safsızlığı ve oksidasyon ürünleri viskoziteyi artırır (Tillem, 2005).

#### **1.5.4. Özgül ağırlık**

Özgül ağırlığı (860–900 kg/m<sup>3</sup>, 15°C, EN 14214) olan biyodizel özgül ağırlığı (820–845 kg/m<sup>3</sup>) olan fosil dizel yakıtına göre daha yüksektir. Yoğunluk yakıt sarfiyatına ve yanma ısısına etki eder. Hidrokarbon zinciri uzadıkça yoğunluk azalır, çift bağ sayısı arttıkça yoğunluk artar (Yıldız, 2008).

#### **1.5.5. Setan sayısı**

Dizel yakıtlarının tutuşma özelliğini belirtir. Yüksek setan sayısı tutuşma gecikmesi süresini azaltır. Uzun düz zincirli doymuş hidrokarbonların setan sayısı yüksektir. Kendi kendine tutuşma sıcaklığı yüksek olan yakıtlar dizel vuruntusuna daha fazla eğilimlidir. Setan sayısı, yanma kararlılığı, ve CO, HC emisyonları gibi motor performans parametrelerini etkiler. Setan sayısı hidrokarbonların uzunluğu arttıkça artar, çift bağ sayısı arttıkça azalır. Orta veya uzun zincirli doymuş hidrokarbonların setan sayıları yüksektir Soya ve ayçiçeği yağının doymamışlığı yüksek olup setan sayıları düşüktür. Oksidasyon sonucu oluşan peroksitler setan sayısını artırır. Biyodizelin setan sayısının klasik dizel yakıtından yüksek olması yanma veriminin yüksek olmasını sağlar (Anonim 2013).

#### **1.5.6. Isıl değer**

Yakıtın birim kütlesi/hacmi başına alınan enerji miktarını belirler. Ağırlık sınırlaması olan araçlar için bu değer çok önemlidir. Doymuş hidrokarbonların zincir uzunluğu arttıkça ısı değer artar. Doymamışlık arttıkça (hidrojen sayısı azaldıkça) ısı değer azalır. Biyodizelin ısı değeri oksijen içeriğinden dolayı fosil dizel yakıtına göre (yaklaşık %11) daha düşüktür. Aynı motor çalışma şartları altında biyodizelin güç ve torku daha düşüktür. Enjeksiyon hacmi artarsa aynı motor performansı elde edilebilir. Ancak yakıt sarfiyatı artar (Üstün, 2006).

### **1.5.7. Parlama noktası**

Parlama noktası, yakıt ısıtıldığında, yakıt üzerinde oluşan yakıt buharı ile hava karışımının tutuşabildiği en düşük sıcaklık olarak tanımlanabilir. Biyodizelin en üstün özelliklerinden biri de parlama noktasının yüksek olmasıdır. Parlama noktası genelde yakıtın depolanması ve güvenliği ile ilgilidir. Motor performansı üzerinde etkin bir değişiklik meydana getirmez. Ayrıca parlama noktasındaki değişimler yanma karakteristiklerini de pek fazla etkilemez (Anonim 2014 b).

### **1.5.8. Soğukta akış özellikleri**

Bulutlanma noktası, akma noktası ve soğuk filtre akma noktası yakıtların kış şartları için en temel akış özellikleridir. Bulutlanma noktası, soğuk depolama şartlarında ilk wax kristal bulutunun gözlemlendiği sıcaklıktır. Akma noktası, soğuk depolama şartlarında akıcılığını devam ettirebildiği en düşük sıcaklıktır. Doymuş esterlere göre doymamış esterlerin moleküller arası etkileşimleri daha zayıf olduğundan daha düşük sıcaklıklarda kristalleşir.

Biyodizel ve biyodizel-dizel karışımları, dizelden daha yüksek akma ve bulutlanma noktasına sahiptir. Bu durum yakıtların soğukta kullanımında sorun çıkarabilmektedir.

Akma ve bulanma noktaları uygun katkı maddelerinin (anti-jel) kullanımı ile düzenlenebilmektedir. Biyodizel-motorin karışımları 4°C üzerinde harmanlama ile hazırlanmalıdır. Soğukta harmanlamada biyodizelin motorin üzerine eklenmesi, sıcakta harmanlamada ise karışımda daha fazla olan kısmın az kısım üzerine eklenmesi önerilmektedir. Eğer harmanlamada soğumaya bağlı olarak kristal yapılar oluşursa, harmanın tekrar normal görünümünü kazanması için bulutlanma noktası üzerine ısıtılması ve karıştırılması gerekmektedir (Güler, 2008).

### **1.5.9. Karbon ve kükürt tayini**

Dizel yakıtındaki kükürt yakıtın önemli problemlerindendir. Bilindiği gibi egzoz borusundaki sülfür oksit hidrojenle reaksiyona girerek sülfürik asidi oluşturur ve asit yağmurlarına sebep olur (Anonim 2014 b).

### **1.5.10. İyot sayısı**

İyot sayısı yağların doymamışlığının bir ölçüsüdür. Bu özellik yakıt oksidasyonu yaslanma ürünlerinin çeşidini ve enjektörlerde oluşan birikimleri etkilemektedir. Yağ çeşidi iyot sayısını etkileyen önemli bir parametredir (Güler, 2008).

### **1.5.11. Yağlayıcılık**

Dizel yakıtlarda ultra-düşük sülfürden dolayı yakıt yağlayıcılığı çok zayıftır. Bu durum enjeksiyon pompalarını ve motor ömrünü kısıtlamaktadır. Kısacası yakıtın yağlayıcılığı ne kadar iyi ise motor ömrü o kadar uzun olur. Biyodizel yağlayıcılığı bakımından petrol dizeline oranla çok daha iyidir (Aydın, 2014).

## **1.6. Dünyada Biyodizel**

### **1.6.1. ABD’de biyodizel**

“Enerji Arzında Güvenliği Ulusal Güvenliğin Unsuru” olarak gören ve “25x25” sloganıyla 2025 yılında toplam enerji tüketiminin % 25’ini yenilebilir enerjilerden karşılamayı hedefleyen ve bu yönde projeler geliştiren ABD, biyodizel konusunda da kendi milli sistemini kurmuştur (Anonim 2014 d).

Öncelikle, milli bitkisel yağı olan, soya yağına göre uygulanabilir ASTM-6751 standardını belirlemiştir. AB standardına göre daha basit ve piyasada uygulanabilir olan standartlarında sadece biyodizelin yakıt özelliklerini almıştır.

Ancak, bu standartların yaygınlaşması, biyodizel üreticilerinin adaptasyonu için 10 yıllık bir geçiş süreci koymuş olup, halen standart uygulaması zorunlu değildir. Bunda gerekçe; hem biyodizel üreticisinin piyasa koşullarında marka yapma gayretini teşvik etmek, hem de tüketiciyi bilinçlendirerek piyasanın kendi oto kontrol sistemini kurmak içindir. Zira tüm gelişmiş ülkeler, polisiye tedbirlerle bir yere varılamayacağını bilmektedir.

%5 biyodizel harmanlanmış B5 şekli istasyonlarda yaygın satılırken, özellikle çiftçilere boyanmak suretiyle vererek ve vergiden muaf tutarak %100 kullanımını sağlamışlardır (Aydın, 2014 ).

### ***Malezya***

Dünyanın en büyük palm yağı ihracatçısı olduğu gibi, önemli petrol rezervlerine sahiptir. Aldığı devrim nitelikli kararlar, ülke çapında palm dikimine ciddi teşvikler getirmiştir. Dağ taş boş arazi bırakmayacak şekilde palm ağacı dikimi devam ederken, biyodizel yatırımı için 73 firmaya yatırım lisansı vermiştir. Yani, önce lisans vererek yola çıkmış, sonradan kurallar koyarak projesini doğmadan öldürmemiştir. Böylece yerel yakıtına sahip olan Malezya diğer taraftan da yükselen fiyatlarla petrolünü ihraç etmektedir (Anonim 2014 d).

### ***Brezilya***

Biyooetanolda %80'lere varan kullanım oranıyla inanılmaz başarıya imza atmışken, bu kez biyodizel atağına geçmiştir. Başta büyük ihracatçı kaleminde olduğu soya ve soya yağı kullanımını biyodizele kaydırırken, palm ağacı dikimini de teşvik ederek planlı gelişimini sürdürmektedir (Anonim 2014 d).

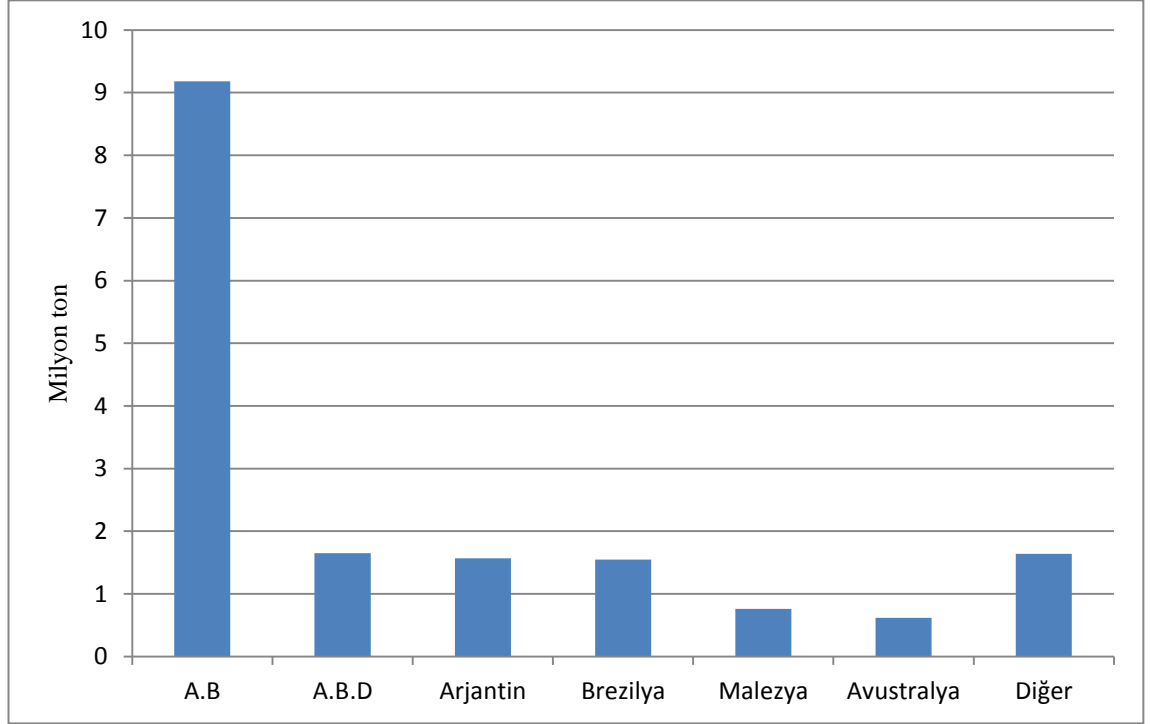
### ***Hindistan***

Ekolojisine uygun Jatropha bitkisine yoğunlaşmış mevzuatını ve araştırmalarını buna göre düzenlemiştir (Anonim 2014 d).

### ***Çin***

Kendi kaynaklarına yönelik milli biyoyakıt politikasını kararlılıkla uygulamaktadır.

Dünyada 2014 yılı itibarı ile 17.8 milyon ton biyodizel üretilmekte ve bunun ülkelere göre dağılımı Şekil 1.8. de verilmiştir.



Şekil 1.8. Dünyada üretilen biyodizelin ülkelere göre dağılımı (Anonim 2014 d)

### 1.6.2. AB Ülkelerinde Biyodizel

#### *Almanya*

AB’de ve dünyada biyoyakıtlar ve biyodizel konusunda Almanya bir öncüdür. Biyoyakıtlar ve biyodizel “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Öncelik Tanıma Yasası” kapsamı içinde değerlendirilmektedir. 2007’den itibaren biyoyakıtlara kademeli vergi uygulamasına başlamış ancak biyodizelin çiftçi yakıtı olarak kullanımında vergi istisnası getirerek enerji tarımını desteklemiştir. Milyon tonluk biyodizel üretimini her geçen yıl artırmaktadır. Avrupa Birliğinde biyoyakıtların öncüsü Almanya 01.01.2007’den geçerli olmak üzere Enerji Vergisi Kanunu ile biyoyakıtlara mecburi kota getirmiştir. Buna göre motorinde % 4,4 (Enerji Değeri = %5 Hacim), benzinde %1,2 (2007), % 2 (2008), 2,8 (2009), %3,6 (2010) yılından itibaren zorunlu karışım getirilmiştir (Anonim 2014 d).

### ***Fransa***

Yıllık üretim 450.000 ton olup, vergiden muaf %5 harmanlamayla kullanılmaktadır. Bilinen otomobil firmaları yanı sıra uluslararası petrol şirketlerinin desteklediği projelerle üretimi artırmaya çalışmaktadır (Anonim 2014 d).

### ***Avusturya***

Bilinçli araştırmalar ile hammadde organizasyonu yaparak biyodizelin öncülüğüne soyunan ülke görünümündeki Avusturya 100.000 ton/yıl olan üretimini program çerçevesinde her yıl artırmakta ve Almanya'ya ihracat yapmaktadır (Anonim 2014 d).

### ***İtalya***

100.000'den fazla nüfuslu yerleşim alanlarında belediye araçlarında kullanımı teşvik ederek başlattığı projeyi başarıyla devam ettirmekte ve özellikle biyodizeli konut ısınması amacıyla desteklemektedir (Anonim 2014 d).

### ***İspanya***

Vergi teşviki yanı sıra özellikle ayçiçeği yağı kullanımını teşvik için AB standardı dışına çıkarmıştır. Tüm itirazlara rağmen iyot sayısını 140 tutarak kendi standardını uygulamaya devam etmektedir (Anonim 2014 d).

### ***İngiltere***

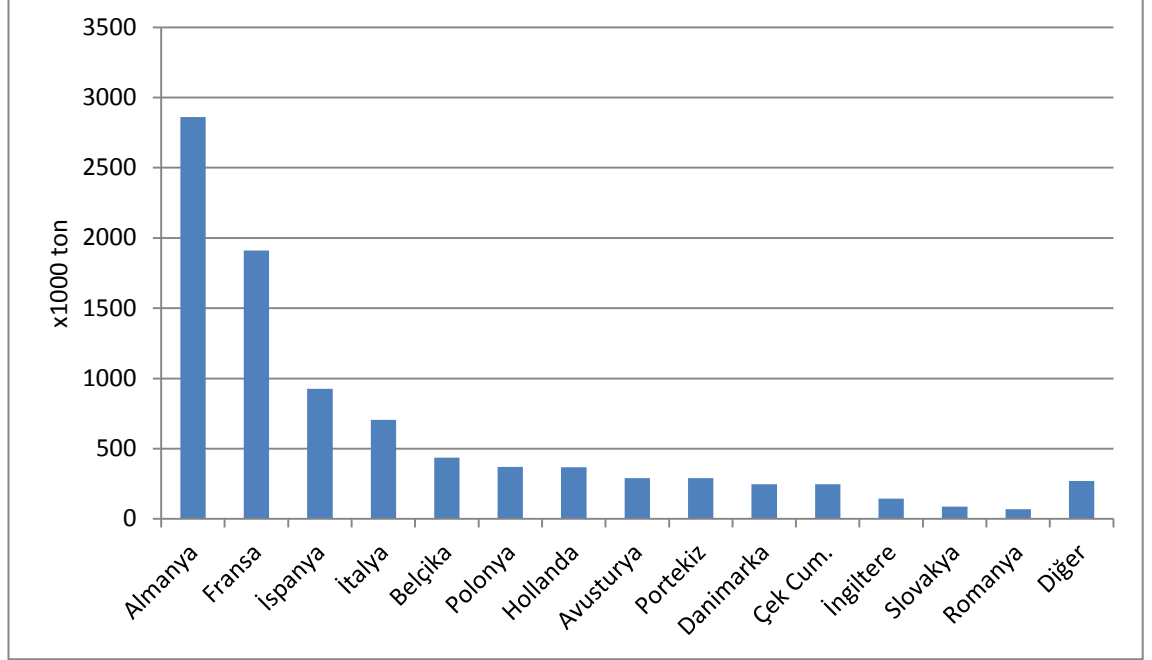
Bölgesel uygulamalar yapmakta olan ülke, bazı bölgelerdeki biyodizel kullanımını vergiden muaf tutmuştur (Anonim 2014 d).

### ***Belçika***

Biyodizelin araçlarda %100 kullanıma izin vererek diğer ülkelerin gelişimine ayak uydurmuştur.

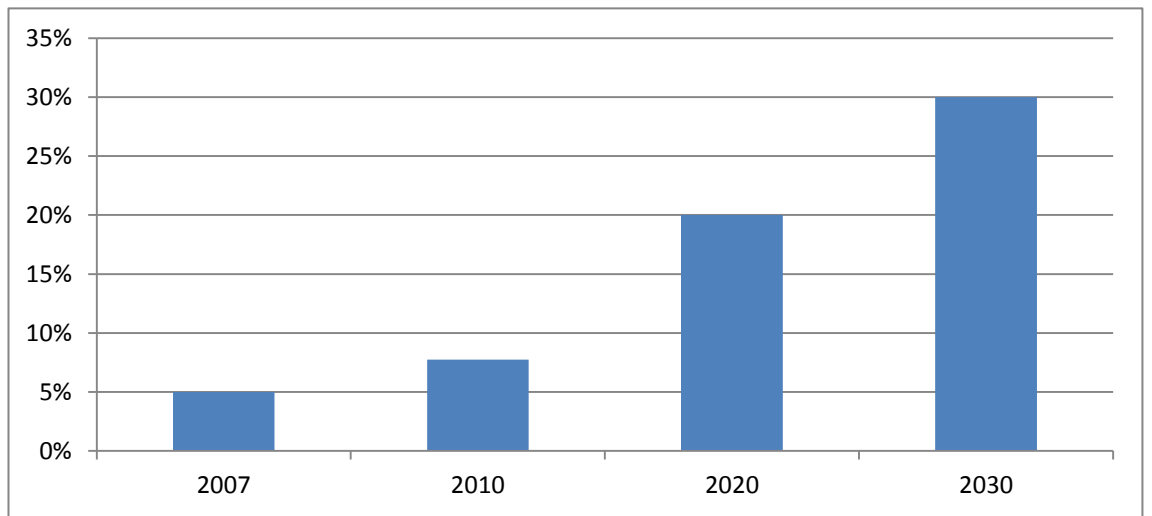
Biyodizel üretimi açısından Çek Cumhuriyeti atağa geçmiş, Finlandiya 0,025 Euro/litre teşvikle girmiş, Yunanistan biyodizelden vergi almayacağını ve teşviklere devam edeceğini yasayla ilan ederek güvenilirliği sağlamış ve yatırımları teşvik ederken, bir taraftan da kullanımı yaygınlaştırmak için ithalatı serbest bırakmıştır (Anonim 2014 d).

AB Ülkelerinde toplam 2013 yılı itibarı ile 9.57 milyon ton biyodizel üretilmiştir ve bu biyodizel üretiminin ülkelere göre dağılımı Şekil 1.9.da verilmiştir.



Şekil 1.9. AB Ülkelerinde biyodizel üretiminin dağılımı (Anonim 2014 d)

AB Ülkelerinde hedeflenen biyoyakıt kullanım oranlarının yıllara göre oransal dağılımı Şekil 1.10. da verilmiştir.



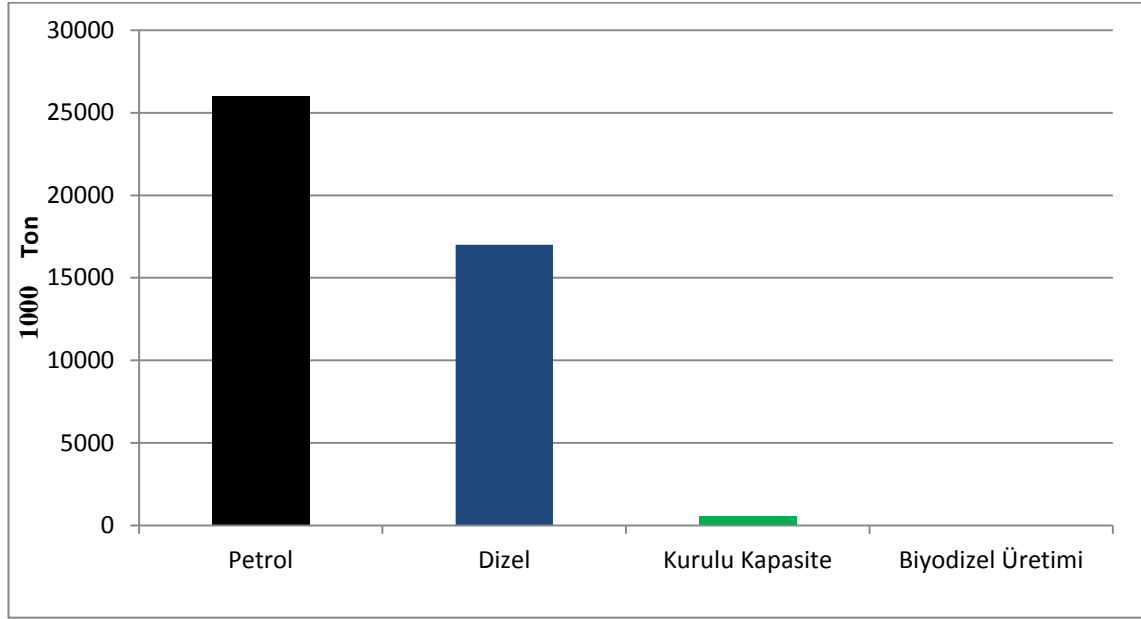
Şekil 1.10. AB Biyoyakıt kullanım oranının % hedefleri (Anonim 2014 d)



### 1.6.3. Türkiye’de biyodizel

Türkiye’de 2013 yılı itibari ile 26.4 milyon ton petrol kullanılmış ve bunun 16.8 milyon tonu dizel yakıttan oluşmuştur. Ülkemizin biyodizel üretimi için kurulu kapasitesi 581.217 ton olmasına rağmen üretimi 20.000 ton olarak gerçekleşmiştir (Şahin, 2013).

Şekil 1.11. de Ülkemizde işlenen petrol, dizel miktarı, biyodizel kurulu kapasite ve üretilen biyodizel miktarı grafik olarak verilmiştir.



Şekil 1.11. Ülkemizin dizel tüketimi ve biyodizel üretimi (Anonim 2014 d)

Resmi gazetede yayımlanan 25 Şubat 2011 tarih ve 27857 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile oto biyodizeli ve yakıt biyodizeline 0,9100 TL/L ÖTV uygulaması getirilmiştir. Biyodizel üretiminde maliyetin büyük bölümünü hammadde oluşturmaktadır. Üreticiler tarafından ÖTV uygulamasının getirilmesi ile biyodizel üretiminin maliyeti kurtarmadığı belirtilmiştir. Hâlihazırda da ülkemizde bu sektör duraklamış vaziyettedir. Çoğu üretici lisanslarını iptal ettirmiş, lisansı olanlarda üretim yapamaz duruma gelmiştir. Ülkemizde sadece bir firma tarafından 20 bin tonluk bir üretim yapıldığı bilinmektedir. Ülkemizde 2012 yılı itibari ile 34 adet biyodizel üretimi için İşleme Lisansı almış tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin toplam biyodizel üretim kapasitelerinin 2013 yılı verilerine göre 581.217 ton olduğu EPDK tarafından bildirilmiştir.

Resmi gazetede yayımlanan 27 Eylül 2011 tarih ve 28067 sayılı “Motorin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ”e göre piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri (YAME) içeriğinin: 01.01.2014 tarihi itibarıyla en az %1, 01.01.2015 tarihi itibarıyla en az %2, 01.01.2016 tarihi itibarıyla en az %3 olması zorunluluğu getirilmesine rağmen 25.06.2013 tarihinde resmi gazetede yayımlanan “Motorine biyodizel harmanlama zorunluluğunun kaldırılması” yönünde alınan karar neticesinde ülkemizde biyodizel üretimi gerileme dönemine girmiş ve günümüzde de bu belirsizlik hala devam etmektedir (Anonim 2014 d).

Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Biyodizel bu nedenle, “Acil Durum Yakıtı” ve “Askeri Stratejik Yakıt” şeklinde adlandırılabilir. Biyodizelin diğer kullanım alanları aşağıda verilmiştir.

- Jeneratör yakıtı olarak
- Kalorifer yakıtı olarak
- Soba, fener ve diğer ısıtıcılarda
- Model uçaklarda
- Yapışkan kimyasal sprey boyaların ve otomobillerdeki istenmeyen boyaların temizlenmesinde çözücü (solvent) olarak
- Motor parçalarındaki yağ ve kurumun temizlenmesinde
- Çok amaçlı makine yağlayıcı olarak
- Tuğla üretiminde ve çömlekçilikte
- Araziye ya da suya kaza esnasında dökülen petrolün temizlenmesinde
- İnşaat kalıplarının sıvanmasında
- Hidrolik sıvısı olarak
- Demiryolu yağlayıcısı olarak
- Ayrıca gıda kurutulmasında başarı ile kullanılabilir
- Kükürt içermeyen biyodizel seralar için mükemmel bir yakıt olabilir.

## 1.7. Yabani Zeytin

Yabani olarak yetişen ve halk arasında ‘‘Delice’’ adı verilen yabani zeytin, kışları ılık ve yağışlı - yazları sıcak ve kurak Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Akdeniz kıyılarında yayılış göstermekte, Türkiye’nin özellikle batı ve güney sahillerindeki seyrek kızılçam ormanlarının altında yer alan makilikler içerisinde bu bitkiye maki elemanı olarak sıkça rastlanılmaktadır. Boylu çalı veya ağaççık formundadır. Dalları dikenli, sürgünleri köşeli, yaprakları küçük, meyveleri ufak ve yuvarlakça olup meyve; yağ bakımından kültürüne göre fakirdir. Delicelerin üzerine meyvesindeki yağ oranı yüksek bir kültür bitkisi olan esas zeytin (*Olea europea* var. *SativaRouy.*) aşılabilir. aşılanabilmektedir.

Tüfekçioğlu (2008) yabani zeytinin (delice) ormanlarımızda saf olarak geniş alanlarda yayılış göstermemekte, başta kızılçam ormanları olmak üzere ormanların tahrip gördüğü yerlerde genelde dağların güneye bakan alt yamaçlarında 500–600 metreye kadar yükselen maki toplulukları (keçiboynuzu, akçakesme, melengiç, laden, funda, kocayemiş, sandal, katırtırnağı, erguvan, mersin, defne, zakkum, kermes ve pırnal meşesi, tespih, sakız vs.) ile birlikte bulunduğunu belirtmiştir.

Akdeniz iklim bölgesinin Akdeniz kıyı bölümünde maki elemanı olarak geniş bir bölgede doğal olarak bulunan yabani zeytin, Marmara kıyıları boyunca da alçak vadi tabanlarında orman örtüsünün tahrip edildiği yerlerde diğer maki elemanları ile birlikte bulunmaktadır. Ayrıca Karadeniz ardında da engebeli arazi koşulları ve özel yüzey şekillerinden kaynaklanan Akdeniz iklimi özelliklerinin lokal olarak görüldüğü özellikle dar ve derin vadilerde, çukurlarda (Çoruh vadisi, Artvin-İspir arası, Harşit çayı vadisi, Tortum vadisi, Durağan çukuru, Boyabat oluğu, Kelkit oluğu vb.) yine maki elemanı olarak doğal varlığını sürdürmektedir (Tüfekçioğlu, 2008).

Sıcaklık ve ışık isteği yüksek olan yabani zeytinin yatay ve düşey yayılışını, iklimin yanı sıra yeryüzü şekilleri, özellikle yükselti, dağların uzanış doğrultusu, engebelik durumu ve eğim doğrudan etkilemektedir. Yine Akdeniz iklim bölgesinde genellikle kızılçam ormanlarının asırlardan beri değişik gerekçelerle tahribat gördüğü yerlerde diğer maki elemanları ile birlikte alanları sürekli genişleye gelmiştir (Anonim 2015).

Yukarıda biyolojisi, ekolojisi ve yurdumuzdaki yayılışı özetlenerek anlatılan yabani zeytin tarihsel süreç içerisinde ormancılık dışı kullanımlara, özellikle ülke tarımına ve kırsal kesim insanına bir geçim kaynağı olarak kazandırılmak istenmiş ancak değişik gerekçelerle istenilen hedefe bu güne kadar ulaşamamıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Erdoğan ve Onurbaş (1994), bazı bitkisel yağların dizel yakıtı ile olan karışımlarını tek silindirli ve direkt püskürtmeli bir dizel motorunda kullanmışlardır. Yakıt olarak dizel yakıtı, % 25 rafine bitkisel yağ ve % 100 bitkisel yağ kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan bitkisel yağlar ayçiçeği, pamuk ve mısır yağlarıdır.

Alibaş ve Ulusoy (1995), bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanım olanaklarını ve yöntemlerini araştırmışlardır. Sonuç olarak, motorda değişiklik yapmadan % 25 bitkisel yağ + % 75 dizel yakıt karışımının doğrudan kullanılabilmesini ortaya koymuşlardır. Türkiye'nin petrol kaynaklarının sınırlı olması ve GAP projesiyle toplam 1,7 milyon hektar alanın sulu tarıma açılması durumunda, yağlı tohum üretiminde % 73'lük bir artış olabileceğini belirlemişlerdir.

Schmidt ve Van Gerpen (1996), biyodizel yakıtların motor performans ve emisyon değerleri üzerine çalışmalar yapmış ve yağ metil esterlerinin motorin yakıtına göre performans olarak kayıp miktarının az emisyon değerlerinin de düşük olduğunu göstermişlerdir.

Connemann ve Fisher (1998), Avrupa'da taşımacılıkta biyodizel kullanan araçların sayısal verilerine örnekler vermişler, biyodizelin yenilenebilir enerji kaynağı olarak taşımacılıkta kullanılmasının egzoz emisyonları üzerine araştırma yapmışlardır.

Ma ve Hanna (1999), yayınlarında yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyodizelin üretim şekilleri hakkında bilgi vermişler. Bu yakıtların temel kaynağı olan hayvansal ve bitkisel yağlar içerisindeki doymuş yağ oranının biyodizel yakıtının kalitesini etkilediğini göstermişlerdir.

Körbitz (1999), biyodizel üretiminin Avrupa ve Kuzey Amerika tarımda ve buna bağlı olarak ekonomilerinde mikro ve makro etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak Almanya için 300.000 hektar alanda 5000 kişiye iş imkanı sağlayabileceğini ve 1L biyodizelin 0,64 Dolar maliyetle imal edilebileceğini göstermiştir.

Aydın ve Keskin (2000), pamuk yağı metil esterinin motorin ile belirli oranlardaki karışımlarını tek silindirli bir dizel motorunda test etmişlerdir. Yüksek motor hızlarında pamuk yağından üretilen biyodizelin motorin yakıtına yakın değerlerde motor gücüne sahip olduğunu fakat özgül yakıt tüketiminin de ise motorin yakıtına göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Elde ettikleri değerler sonucunda pamuk yağı metil esterinin motorin yakıtına alternatif olacağını göstermişlerdir.

Çanakçı ve Van Gerpen (2001), biyodizel üretimi esnasında kullanılan alkol çeşitlerinin ve katalizör madde miktarlarının ester oluşumuna etkilerini araştırmışlardır. Kullanılan NaOH katalizörünün KOH katalizörüne oranla daha az gliserin oluşturduğu saptanmıştır.

Noda ve ark. (2001), biyodizel üretiminde kullanılan yöntemleri incelemiş, yağ esterlerini oluşturmak için kullanılan kimyasal katalizörler ile enzimatik katalizörleri karşılaştırmış, enzimatik yöntem ile yapılan biyodizelin çevre etkilerinin daha az zararlı olduğunu ortaya koymuştur.

Karabektaş ve Saraç (2002), alternatif motor yakıtı olarak biyodizeli deneysel olarak dizel motorda incelemişler ve bu kapsamda kolza yağı, ayçiçek yağı, soya yağı ve kullanılmış yağlardan biyodizel üreterek dizel motorda testlerini yapmışlardır. Bu testler sonucunda saf biyodizel kullanımının motorda enjektör iğnesi tıkanması ve bozulması, aşırı motor birikintisi, yağlama seyrelmesi, piston segman sıkışması, silindir yüzeylerinde aşınma, bitkisel yağın polimerizasyonundan dolayı motorda yağlama yağının bozulması gibi arızaların olageldiğini göstermişlerdir.

Dorado ve ark. (2003), atık zeytinyağı metil esterini direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda kullanmışlar ve egzoz emisyonlarını incelemişlerdir. Çalışmalarında biyodizel kullanımı CO, CO<sub>2</sub>, NO ve SO<sub>2</sub> emisyonlarında azalma tespit etmişler fakat NO<sub>2</sub> emisyonlarında artış gözlenmiştir. Motor testi esnasında özgül yakıt sarfiyatında artış olmuş fakat emisyon değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Yapılan deneylerde yanma etkinliği her iki dizel türünde de sabit olduğu ortaya konmuştur.

İ.Çingür ve Yamık (2003), metil ve etil alkol kullanarak elde ettikleri metil ve etil esterlerin biyodizel olarak dizel araçlarda kullanılabilirliğini incelemişler ve bu konuda deneyler yapmışlardır. Bu deneyler sonucunda bu iki alkolden oluşan biyoyakıtların petrol dizeline alternatif olabileceğini öngörmüşlerdir.

Altıparmak ve ark. (2004), ayçiçeği yağından elde ettikleri biyodizelin yakıt özelliklerini incelemişler ürettikleri biyodizelin petrol türevi dizele yakın teknik özelliklere sahip olduğunu ve alternatifi olabileceğini öngörmüşlerdir.

Çallı (2004), çalışmasında fındık yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretmiştir. Üretilen bu biyodizelin dönüşüm yüzdelerini hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar istatistik programına yüklenerek dönüşüm yüzde değerlerinin hesaplanması matematiksel temellere bağlanmıştır.

Raheman ve Phadatare (2004), karanja bitkisinin yağından oluşturdukları biyodizeli %20, %40, %60, %80 oranlarında motorin ile karıştırmışlar, bu karışımları dizel bir motorda test etmişler test sırasında motor gücü, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları bakımından sonuçlarını incelemişler % 20 ile % 40 biyodizel ile karıştırılmış motorinin kullanımının motor performansında artış ve egzoz emisyonlarında azalma olduğunu ve bu karışımların motorine alternatif bir yakıt olabileceğini ve çevresel faktörlerinin çevreye daha az zararlı olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Ulusoy ve ark. (2004), 1900 cc hacimli fiat doblo marka araçta yaptıkları çalışmada kızartma yağından ürettikleri biyodizelin performans ve emisyon değerlerini incelemişler aracın 46kW olan motor gücünde biyodizel kullanımında farklı hızlarda % 3,35 - % 2,03 azalma olduğunu bunun yanında HC oranlarında % 30,6 – % 63,33 aralığında azalma meydana geldiğini göstermişlerdir.

Keskin (2005), çalışmasında kâğıt fabrikalarında yan ürün olarak çıkan tall yağı kullanılarak biyodizel üretmiş ve üretilen bu biyodizel ile petrol dizelini %60 oranında karıştırılarak bu karışımın yakıt özellikleri ve motor performans aralıkları saptanmıştır.

Üretilen biyodizelin yakıt performansı petrol dizeline yakın emisyon değerleri ise düşük olmuştur.

Tillem (2005), biyodizel hammaddesi olarak ham kanola yağı, nötr pamuk yağı ve atık kızartma yağı kullanmış, biyodizel üretim yöntemi olarak alkali katalizörler ile transesterifikasyon metodunu izlemiştir. Ürettiği biyodizeli % 20 oranında motorin ile karıştırmış ve dizel bir motorda motor karakteristiklerini ve emisyon değerlerini ölçmüş ve motorda hiçbir modifikasyona gitmeden ayrıca ön ısıtma yapmadan bu yakıtın yakılabildiğini göstermiştir.

Usta ve ark. (2005), çalışmalarında etanol ve iki farklı biyodizelin özellikleri dizel yakıt ile karşılaştırılmışlar, etanol ve biyodizellerin ön yanma odalı turbo dizel bir motorun performans ve emisyonlarına etkileri incelemişlerdir. Etanol tek başına motorin ile karıştırıldığında güçte bir miktar düşmeye sebep olurken biyodizel ilavesi motorin yakıtı göre çok az oranda güç artışı sağladığını göstermişlerdir.

Yaman (2005), transesterifikasyon ve esterifikasyon yöntemleri ile değişik oranlarda alkol ve katalizör kullanarak numuneler hazırlamış ürettiği bu numunelerde en verimli oranın %3 asit katalizör ve 35:1 molar alkol oranı ile %97 dönüşüm sağlamıştır.

Akçay (2006), çalışmasında soya yağından elde edilen biyodizel için optimum reaksiyon şartları incelemiş ve bu şartlar fındık, mısır ve zeytin yağlarına uygulanarak elde edilen biyodizellerin yakıt özellikleri araştırmış, soya yağı için belirlenen optimum şartların mısır ve zeytin yağı biyodizelleri tarafından da sağlandığını göstermiştir. Mısır yağından elde edilen biyodizelin soya yağından elde edilen biyodizele göre yakıt özellikleri bakımından daha verimli olduğunu göstermiş mısır yağı biyodizeli üretiminin desteklenmesi gerektiğini bu konu hakkında çalışmaların yapılmasının uygun olacağını öngörmüştür.

Altuntaş (2006), hardal yağından ürettiği metil esterinin depolama koşullarını ve bu koşulların yakıt özelliklerine etkisini incelemiştir. Hardal yağı biyodizeli ile yapılan bu



çalışma neticesinde üç aylık bir depolanma süresince yakıt özelliklerinde önemli bir değişme olmadığını, hardal yağı biyodizelinin depolanması ile meydana gelen değişiklikler ile Euro dizelin depolanması esnasında meydana gelen değişiklikler mukayese edildiğinde herhangi bir fark meydana gelmediğini tespit etmiştir. Bu yüzden Euro dizelin depolandığı yerlerde hardal yağı biyodizelinin de güvenle depolanabileceğini göstermiştir.

Azcan ve Danışman (2006), pamuk yağından transesterifikasyon yöntemi ile değişik sıcaklık ve katalizör miktarlarında biyodizel üretmişler, KOH katalizörü eşliğinde 600C de optimum verimi sağlandığını göstermişlerdir.

Özsezen ve Çanakçı (2006), dünyada ve Türkiye’de birincil enerji kaynaklarının üretimi ve tüketimi ile birlikte bunların içerisinde biyolojik kökenli yakıtlara olan ihtiyacın belirlenmesi üzerine çalışma yapmışlardır.

Üstün (2006), hayvansal yağların dizel yakıt olarak kullanımını araştırmış, hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelemiştir. Yaptığı çalışma sonucunda hayvansal yağ esterinin viskozitesini % 65:35 v/v olarak saptamış bu değer motorin yakıtı viskozitesi ile aynı olduğunu göstermiştir.

Adıyaman ve Günay (2007), Türkiye’de tarım sektörünün ekonomideki yeri, kırsal yoksulluk, tarımsal maliyet, tarımsal destekleme ve yüksek tarım maliyetinde akaryakıtın etkisi konularına değinmiş. Tarımda biyodizel kullanımının yaratacağı değişiklikler ve ekonomik katkısı araştırılmış sonuç olarak sektörde biyodizel kullanımının yakıt maliyetlerini düşüreceği tarım sektöründe istihdamı arttıracığı ve sosyal ve ekonomik kazançları ortaya konulmuştur.

Ejder (2007), biyodizel üretimi esnasında etil alkol kullanarak etil esterler elde etmiş, bu esterleri farklı oranlarda motorin ile karıştırarak dizel bir traktör motorunda test etmiş, motor performans karakteristiklerini incelemiş, motor momenti, motor gücü, özgül yakıt tüketimi ve toplam verim olarak sınıflandırılan performans karakteristiklerine

ulaşmıştır. Elde ettiği her bir yakıt karışımının deney sonuçlarını referans karakteristikleri ile karşılaştırmıştır.

Erdoğan ve ark. (2007), haşhaş yağının dizel motor yakıtı olarak kullanılma olanağını araştırmışlar bu amaçla tek silindirli direkt püskürtmeli 4 zamanlı dizel motorda haşhaş yağından elde edilen metil ve etil esterleri dizel yakıtla % 25 , % 50 , % 75 oranında karıştırılmış motor performans karakteristikleri ile emisyon değerleri ölçülmüş haşhaş yağından üretilen metil ve etil esterlerin güç, performans değerlerinde az miktarda düşüş yakıt tüketiminde artış emisyon değerlerinde düşüş gözlemişlerdir.

İlhan (2007), çay bitkisi tohumlarının % 30 civarında yağ içerdiğini, bu yağın hem yağ asidi bileşimi hem de yüksek antioksidan içeriği nedeniyle, biyodizel üretimi için çok uygun bir hammadde olma özelliğini göstermiştir. Çay tohumu yağı, ayçiçeği yağı, zeytinyağı, kanola ve soya yağları ile belli oranlarla karıştırıldıktan sonra, karışımların oksidasyon kararlılıklarının zamanla değişimini incelemiş daha sonra da çay tohumu yağından transesterleşme reaksiyonu ile yağ asidi metil esterleri üreterek, çay tohumu yağının biyodizel üretiminde kullanılabilirliği göstermiştir. Çay tohumu yağının hem yağ asidi bileşimi hem de sahip olduğu yüksek antioksidan madde içeriği nedeniyle, biyodizel hammaddesi olarak değerlendirilebileceği sonucuna varmıştır.

Karabektaş ve Ergen (2007), çalışmalarında rafine soya yağından elde ettikleri soya yağı metil esterini bir dizel motorda test etmişler. Bu testler sonucunda soya yağından elde ettikleri biyodizelin normal motorine oranla efektif güçte ortalama % 3,92 azalma ortaya çıktığını göstermişlerdir.

Güler (2008), çalışmasında küçük kapasiteli bir biyodizel üretim sistemini geliştirmiş ve bu sistemde kullanılan bitkisel yağdan biyodizel elde etmiştir. Elde edilen bu biyodizelde yapılan analiz sonuçlarından yağ asitleri yüzdesinin istenilen aralıklarında olduğu görülmüştür.

Narin (2008), Dünyada ve Avrupa'da hızla gelişen biyoyakıt potansiyeline Türkiye penceresinden bakmış Dünyada ve Avrupa'da uygulanan destekleme faaliyetlerini göz

önüne sermiş ülkemizde destekleme primlerinin arttırılması halinde biyoyakıtlarının hem ekonomiye hem de çiftçiye sağlayacağı yararları ortaya koymuştur.

Yaşar (2008), Türkiye’de biyodizel üretim maliyeti ile ilgili yaptığı araştırmada kolza bitkisinin üretim maliyetini incelemiş ülkemiz için en verimli ve düşük maliyetli yağ bitkisinin olduğunu öngörmüş devletin bu bitkinin üretimi için teşvik ve altyapının hazırlanmasında rol üstlenmesi gerektiğini belirtmiştir.

Yıldız (2008), İstanbul’un değişik noktalarında bulunan McDonalds şubelerinden toplanan atık kızartmalık yağlardan biyodizel üretimi gerçekleştirmiş. Atık yağlardan biyodizel üretimini 3 farklı yöntemle yapmıştır. Bu yöntemler tek kademeli bazik reaksiyon, çift kademeli bazik reaksiyon ve çift kademeli asit – baz reaksiyonlarıdır. Atık yağlardan üretilen biyodizelin saflaştırma işleminde de, 3 farklı yöntem kullanmıştır. Bu yöntemler sulu yıkama, magnezol ile yıkama ve iyon değiştirici reçine kullanımındır. Yapılan çalışma neticesinde magnezol ile yıkama ve iyon değiştirici reçine kullanımının sulu yıkamaya göre daha uygun olduğunu ortaya koymuştur.

Yücel (2008), enzimleri kullanarak biyodizel üretimi ve üretilen biyodizelin özelliklerinin analitik metotla incelenmesi konulu çalışmasında enzimatik transesterleşme yöntemi ile TSEN 14214 standartlarını sağlayan biyodizel üretilmesi amacıyla uygun destek maddeleri sentezleşmiş, serbest lipaz enzimleri hazır ve sentezlenen destek maddelerine başarılı olarak tutturularak tekrar kullanılabilirliğini göstermiş ve geliştirilen deney düzeneği ile yüksek ester içeriğine sahip katalizör kalıntıları içermeyen biyodizel sentezlemiştir. Enzimatik transesterleşme metoduyla biyodizel üretilmesi amacıyla geliştirilen yöntemlerin ilerideki çalışmalarda endüstriyel boyutlarda uygulanabileceğini öngörmüştür.

Aktaş ve Şahin (2009), araştırmalarında belli oranda biyodizel motorin karışımları elde etmişler bu karışımları tek silindirli hava soğutmalı dizel motorda 1800 dev/dak sabit hızla kütleli olarak % 3 - % 14 arasında hidrojen katarak motorun özgül yakıt tüketimini, egzoz sıcaklığını, silindir basıncını ve egzoz emisyon değerlerini ölçmüşler %20 biyodizel +motorin karışımının % 14 kütleli olarak hidrojen karışımının

vuruntusuz olarak çalışabildiğini ve egzoz emisyon değerlerinde gözle görülür düşüş sağlandığını göstermişlerdir.

Atabey (2009), araştırmasında, yerli aspir çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının bazı tarımsal özellikler ve biyodizel kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla değişik zamanlarda ve farklı çeşit aspir türlerinden biyodizel üretmiş bu biyodizellerin verimleri incelenmiş verimin en iyi olanın yüksek kaliteli biyodizel üretimi amaçlandığı durumlarda Remzibey çeşidinin kullanılmasını önermiştir.

Başer ve Aybek (2009), çalışmalarında farklı oranlarda biyodizel karıştırılmış motorin karışımlarını 43 kW'lık bir traktörde çeki kuvvetine etkilerini incelemiş ve %100 motorin kullanılan traktörün diğer biyodizel karışımlarına oranla çeki kuvvetinde daha başarılı olduğunu B20 biyodizel-motorin karışımının %100 motorin kullanılan traktörün çeki kuvvetine en yakın çeki kuvvetine sahip olduğunu göstermişlerdir.

Bertran (2009), 2030 yılında dünya nüfusunun 8 milyara dayanacağını ve enerji gereksiniminin günümüze oranla daha fazla olacağını bunun için yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması gerektiğini ve biyodizel üretiminin Türkiye ve İspanya açısından önemini incelemiştir. Bu araştırma esnasında birbirine benzer karakteristik özellikler taşıyan Türkiye ve İspanya'da kanola ve soya fasulyesinden üretilebilecek biyodizelin ekonomik olabilmesi için gerekli koşulları incelemiş, ucuz tohum temini ve devlet desteğinin öncelikli çözülmesi gereken sorunlar olduğunu ortaya koymuştur.

Çalışkan ve ark. (2009), tütün tohumunun Türkiye'deki tahmini ham yağ potansiyelinin 14 bin ton olduğunu ve bu yağın biyodizel olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Tarlada bırakılan tütün tohumlarının değerlendirilmesinin ülke ekonomisine katkı sağlayacağı vurgulanmıştır.

Yaşar (2009), doktora tezinde "Türkiye'de Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Biyodizel Üretim ve Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi" alanında çalışmış AB uyum planı çerçevesinde yenilenebilir enerji üretiminin ülke için yaratacağı etkileri ve sonuçlarını incelemiştir.

Aybastier (2010), yaptığı çalışmasında bitkisel atık yağların karakterizasyonu ve biyodizel üretiminde değerlendirilmesini araştırmıştır. Bu çalışmada optimum koşullarda enzim immobilize edilen STR-DVB-PGA (Stiren-Divinilbenzen-Poliglutaraldehit) polimerleri ve kitosan küreleri kullanarak ön işlem uygulanmamış atık kanola yağından biyodizel üretmiş her iki destek maddesi kullanılarak üretilen biyodizel verimlerinin sırası ile % 85,95 ve % 59,32 olduğunu göstermiş ve STR-DVB-PGA destek maddesi ile daha yüksek oranda biyodizel elde etmiştir.

Güven ve ark. (2010), ülkemizde üretilen biyodizellerden örnekler alınarak bunların enjektörlerdeki yakıt püskürtme özelliklerine bakılmış bu biyodizellerin TS EN 14214 standartlarına uygunluğu kontrol edilmiştir. Sonuç olarak ülkemizde üretilen biyodizellerin çoğunun standartlara uygun olmadığı tespit edilmiş ayrıca bu yakıtların motorun yanma odasındaki dağılım karakteristiklerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Kafadar (2010), çalışmasında Türkiye’de yetişebilen (mısır, fındık, soya fasulyesi, ayçiçeği vb.) bitkilerin yağlarından ve atık yağlardan transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretimini sağlayarak elde edilen biyodizel örneklerinin yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, setan sayısı, iyot değeri, ısıl değeri ve diğer uluslararası standartlardaki yakıt değerleri tespit edilerek karşılaştırma yapmıştır.

Sabancı ve ark. (2010), Türkiye’de biyodizel ve biyoetanol üretiminin tarım sektörünü nasıl etkileyeceği, yaratacağı istihdam ve sosyoekonomik etkileri üzerine çalışmışlar ve üretimin maliyet aşamalarını ortaya koymuşlardır.

Çengelci ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada hayvansal ve bitkisel yağlardan elde ettikleri yağları biyodizele dönüştürmüşler, bu biyodizellerin dizel motor üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırma bulguları şöyledir:

-Hayvansal biyodizel kullanıldığında dizele göre motor performans karakteristikleri açısından motor momenti ve efektif güç değerinde azalma, özgül yakıt tüketiminde ise artış gözlemlenmiştir,

- CO egzoz emisyonunda azalma olduğunu,

- Bitkisel biyodizel kullanıldığında dizele göre özgül yakıt tüketimi, motor momenti ve motor gücünde iyileşme olduğunu,
- CO egzoz emisyonunda azalma meydana geldiğini,
- Ayrıca, CO<sub>2</sub> emisyonları artarken, duman emisyonlarında azalma gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Koç ve ark. (2011), insanoğlunun her yıl %3,1 hızla artan enerji ihtiyacı ve 2030 yılına gelindiğinde bu enerjinin %30'nun yenilenebilir enerjiden elde edilecek olmasının ve imzalanan Kyoto Protokolüne göre sera gazı emisyonlarının azaltılmasının şart olacağını düşünerek ülkemizin yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyodizele yatırım yapması gerekliliğini ortaya koymuşlar ve ülkemiz için en uygun yağ bitkisi ve biyodizel üretim yöntemi için araştırmalarda bulunmuşlardır. Bu araştırmalar sonucunda atık yağ metil esterinin ve transesterifikasyon yönteminin ülkemiz için uygunluğu gösterilmiştir.

Söyler (2011), çalışmasında tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı bir dizel motorda dizel+JP8 ve JP8+atık yağ biyodizel yakıt karışımlarının motor performansına ve emisyonlara etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Karışım içerisindeki biyodizel oranı arttıkça motor momenti ve gücünde iyileşmeler görülmüş ayrıca yakıt emisyonlarında iyileşme sağlanmıştır.

Aydın ve ark. (2012), normal dizel yakıt ile içerisine % 20 oranında biyodizel yakıt karıştırılmış yakıtın tek silindirli dizel motorda yakılarak yapılan çalışmada emisyon değerleri incelenmiş sonuç olarak % 20 oranında biyodizel karıştırılmış yakıtın emisyon değerlerinde gözle görülür iyileşme sağlanmıştır.

Behçet ve ark. (2012), hamsi cinsi balığın yağından ve atık kızartma yağından biyodizel üretmişler ve bu biyodizelin yakıt özelliklerini ve emisyon değerlerini tek silindirli dizel bir motorda incelemiştir. Bu çalışma sonucunda balık yağından ve atık kızartma yağından elde edilen biyodizelin emisyon değerlerinin motorin yakıtına göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Çelikten ve ark. (2012), Kolza tohumu yağı ve fındık metil esterinin dizel motorunda kullanılabilirliğini incelemişler dört silindri dört zamanlı direkt enjeksiyonlu dizel motorunda Dizel yakıtı, kolza tohumu yağı metil esteri ve fındık yağı metil ester karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları bu çalışma sonucunda karışımlardaki kolza metil ester oranının arttırıldığında duman ve CO emisyonlarının azaldığı NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının arttığı görülmüştür.

İşler (2012), motor biyoyakıtlarının çevresel etkilerini araştırmış aspir yağı etil esteri, motorin ve kırsal motorin arasındaki çevresel etkilerini karşılaştırmış aspir yağı etil esterinin çevresel açıdan katma değerini ve avantajlarını ilk olarak ortaya koymuştur.

Karabaş (2013), soğuk pres yolu ile elde edilen ham ayçiçeği yağından 300 °C, 400 °C ve 500 °C reaksiyon sıcaklığında ve 1/3, 1/6, 1/8, 1/10 yağ/alkol molar oranında, yağ kütlelerinin %0,5, %1, %1,5 oranlarında katalizör kullanılarak çeşitli biyodizel örnekleri elde edilmiş ve bu örneklerden en yüksek ester eldesine 1/10 molar oran, 300 °C reaksiyon sıcaklığı ve % 0,5 katalizör kullanımında ulaşıldığı görülmüştür.

Karaca (2013), Türkiye’de kırsal kalkınmanın sağlanmasında yenilenebilir enerjilerin rolünün ne olacağını ortaya koyabilmek için yapılan bu çalışma tarım sektöründe sağlanabilecek çevresel ve ekonomik kazançları araştırmış ve konuya ilişkin çözüm önerileri getirmiştir.

Şahin (2013), keten tohumundan vidalı pres yardımıyla keten tohumu ham yağı elde etmiş ve bu yağdan elde edilen biyodizeli (B100) ve B2, B5, B20, B50 oranlarında motorinle karıştırmıştır. Elde edilen yakıtların ve kıyaslama yakıtı olarak motorinin fiziksel, kimyasal ve yakıt özellikleri belirlenmiştir. Karışımlar sonucunda elde edilen B2, B5, B20, B50, B100 ve motorin yakıtlarının kinematik viskozitesi, yoğunluğu, su miktarı, ısıl değeri, parlama noktası, bulutlanma, donma ve akma noktaları, bakır çubuk korozyonu testi ve CFPP (Soğuk Filtre Tıkama Noktası) testi yapılmış. Çalışma sonucunda, keten tohumundan elde edilen biyodizel ve karışımların fiziksel özellikleri ve dizel motorlarda kullanılması ile elde edilen motor performans değerleri standart dizel yakıtı ile benzer özellikler göstermiştir.

Şahin (2013), keten tohumu yağından ürettiği biyodizelin petrol dizeli ile karışımlarını dizel bir motorda yakmış ve motor üzerinde yarattığı etkiler ve emisyon değerleri üzerine yansımalarını incelemiştir. Sonuç olarak keten tohumunun iyot sayısının yüksek olmasına karşın kısa süreli motor test çalışmalarında motora zarar vermeden kullanılabilirdiği gösterilmiş, ayrıca egzoz emisyonlarında da düşüş tespit edilmiştir.

Aktaş ve Özer (2014), ülkemizde ham pirina yağının biyodizel yapımında kullanılması ve potansiyeli hakkında çalışma yapmışlar, bu çalışma sonucunda pirina yağına dönüştürülemeyen yağların biyodizel üretilmesi suretiyle, yıllık petrolün %5'ini karşılanabilecek düzeyde olduğunu saptamışlardır. Bu nedenle ham pirina yağından biyodizel elde edilmesinde daha verimli ve ekonomik yöntemler bulunulması üzerine çalışmaların yoğunlaştırılması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Aydın ve ark. (2014), aspir tohumunda Vals işlemi sonucunda tavlanıp 900 °C' de kavrulmuş pres yardımıyla elde edilen ham yağ transesterifikasyon yöntemi ile aspir yağı metil esteri (aspir biyodizeli)'ne dönüştürerek biyodizel üretimi gerçekleştirmiş ve bu biyodizel yakıtı motorinle %2,5 ve %5 oranında biyoetanol ilavesi ile karıştırarak deney yakıtları elde etmiş bu karışımların kinematik viskozitesi, yoğunluğu, su içeriği, pH miktarı, renk tayini, ısıl değeri, parlama noktası, bakır çubuk korozyon testi, iyot sayısı, CFPP (SFTN-Soğuk Filtre Tıkama Noktası) testi ve setan sayısı testlerini yapmıştır. Testleri yapılan bu yakıt karışımları dört zamanlı tek silindirli direkt püskürtmeli yakıt sistemine sahip su soğutmalı bir dizel motorda yakılarak 100 saat teste tabi tutulmuştur ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- M100 yakıtına göre aspir biyodizelinin, biyoetanolünün ve karışımlarının ısıl değerlerinin düşük olduğu,
- Aspir biyodizelinin motorin yakıtına göre daha düşük CO emisyonuna sahip olduğu,
- Aspir biyodizelinin motorin yakıtına göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonuna sahip olduğu, bunun sebebi olarak biyodizel yakıtında oksijen bulunması ve hava fazlalık katsayısının motorine göre yüksek olması,
- Motor devrinin düşük olduğu değerlerde HC emisyonlarının biyodizel ve karışımlarında motorine göre gözle görülür artış yarattığını,



- M100 yakıtının en yüksek SO<sub>2</sub> değerine sahip olduğunu,
- Motor yağlama değerlerine bakıldığında en iyi değerlerin biyodizel ve karışımlarında olduğu gözlemlenmiştir.

Eryılmaz ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada Yozgat ilinde yetişen aspir bitkisinin bir çeşidi olan Dinçer tohumundan elde ettikleri biyodizelin biyodizel üretimi açısından TS EN 14214 standardına uygun olacağı sonucuna varmışlardır.

Gülüm (2014), iki aşamadan oluşan bir test yapmış. Birinci aşamada, bölgesel ürün olarak sayılabilecek mısır ve fındık yağından, transesterifikasyon reaksiyonu ile üretilebilecek en düşük viskoziteye sahip biyodizellerin optimum üretim parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. İkinci aşamasında ise, her bir yağ ve katalizör türü için ayrı ayrı olmak üzere, en düşük viskoziteli biyodizeller ile teorik olarak en yüksek metil ester verimine sahip biyodizellerin, belirli hacimsel oranlarda (% 5, 10, 15 ve 20) ticari dizel yakıtı ile harmanlanmasıyla elde edilen karışımların farklı sıcaklıklardaki (10, 20, 30 ve 40 °C) dinamik ve kinematik viskoziteleri ile yoğunlukları ölçmüş ve özellikle biyodizel maliyetini azaltmak için atık yağlardan biyodizel üretimine ağırlık verilebileceğini, bu kapsamda, atık yağdan biyodizel üretiminde optimum reaksiyon parametrelerin belirlenmesine yönelik çalışmalar genişletilmesi gerektiğini sunmuştur.

Öğüt ve ark. (2014), bir yağ bitkisi olan pelemirden elde edilen yağdan biyodizel üretmişler ve biyodizelin yakıt özelliklerini inceleyerek bu bitkiden üretilen biyodizelin yakıt özelliklerinin TS EN 14214 normuna uygun olduğu göstermişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan yabani zeytin (oleaoleaster) Uludağ Üniversitesi Gemlik Asım Kocabıyık Yerleşkesi içerisinde bulunan 1860 zeytin ağacı içerisinde ağaç formunda yetişen 102, Bursa'nın Gemlik ilçesine bağlı Cihatlı köyünde 14 ve Mudanya ilçesine bağlı Mesudiye köyünde 10 olmak üzere toplam 136 adet yabani zeytin ağacından 102 kg zeytin toplanmış ve bölgemizde bulunan bir yağ fabrikasında sıkılarak 15 lt yağ elde edilmiştir. Bu yağın biyodizeli bu tez kapsamında tarafımdan tasarımı ve projesi yapılarak imal edilen ve halen Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Tarım Makinaları Laboratuvarında bulunan biyodizel üretim tesisinde üretilmiştir. Üretimde alkol olarak metil alkol, katalizör olarak sodyum hidroksit (NaOH) ve üretim yöntemi olarak transesterifikasyon yöntemi kullanılmıştır. Şekil 3.1. de materyal olarak kullanılan yabani zeytinlerin toplandığı ağaçlara ait resimler verilmiştir.



**Şekil 3.1.** Gemlik Asım Kocabıyık Yerleşkesi içerisinde bulunan yabani zeytin ağaçları

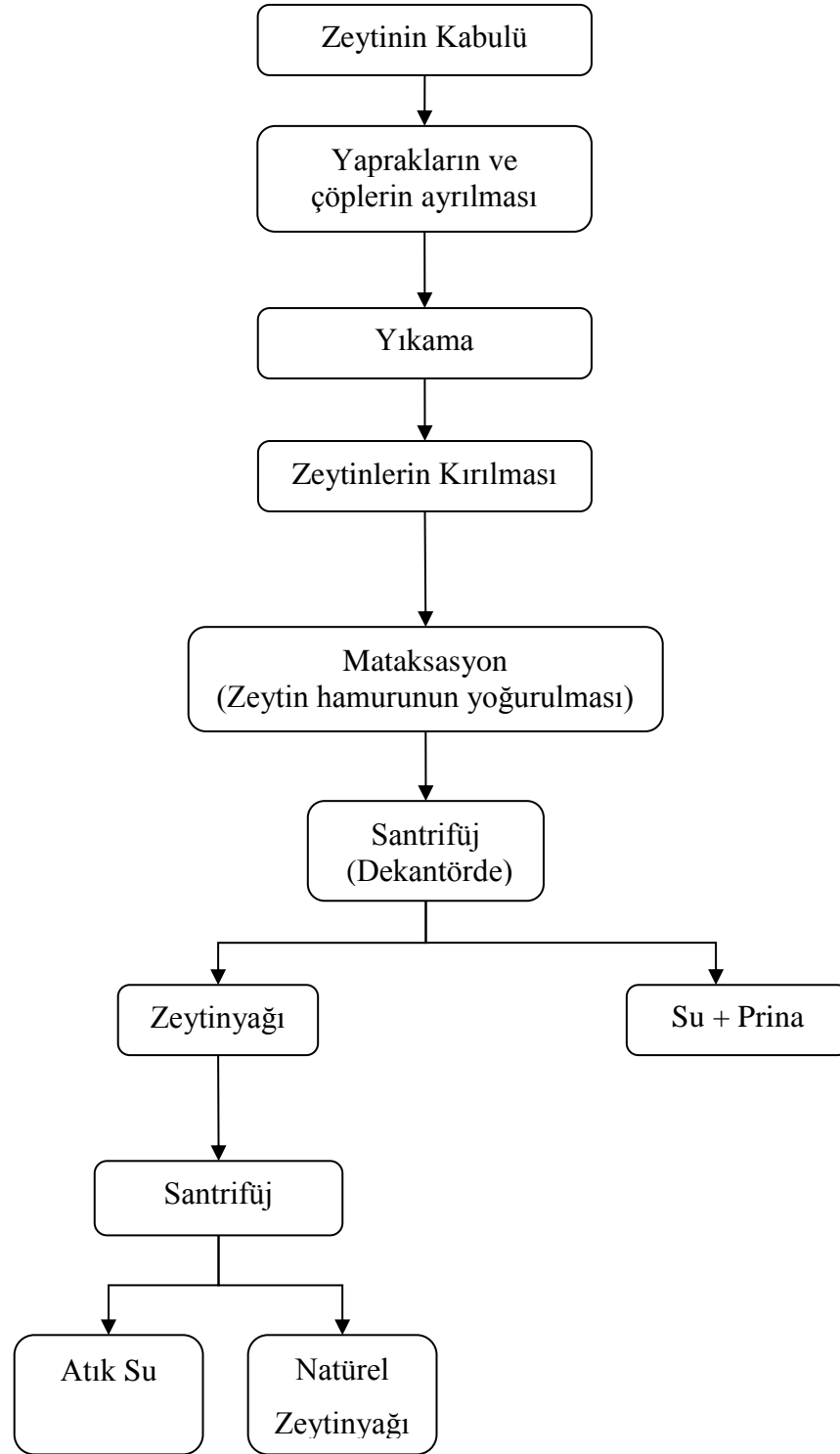
#### 3.1.1. Yabani zeytinden yağ elde edilmesi

Yapılan tez çalışmasında yabani zeytinyağından biyodizel üretmek amacıyla Bursa iline bağlı Gemlik ilçesinde bulunan bir yağ fabrikasında basınçlı sistem ile yabani zeytinden yağ elde edilmiştir. Yağ çıkarma aşamasından önce yapılan temizleme ve aktarma işlemleri Şekil 3.2. de gösterilmiştir.



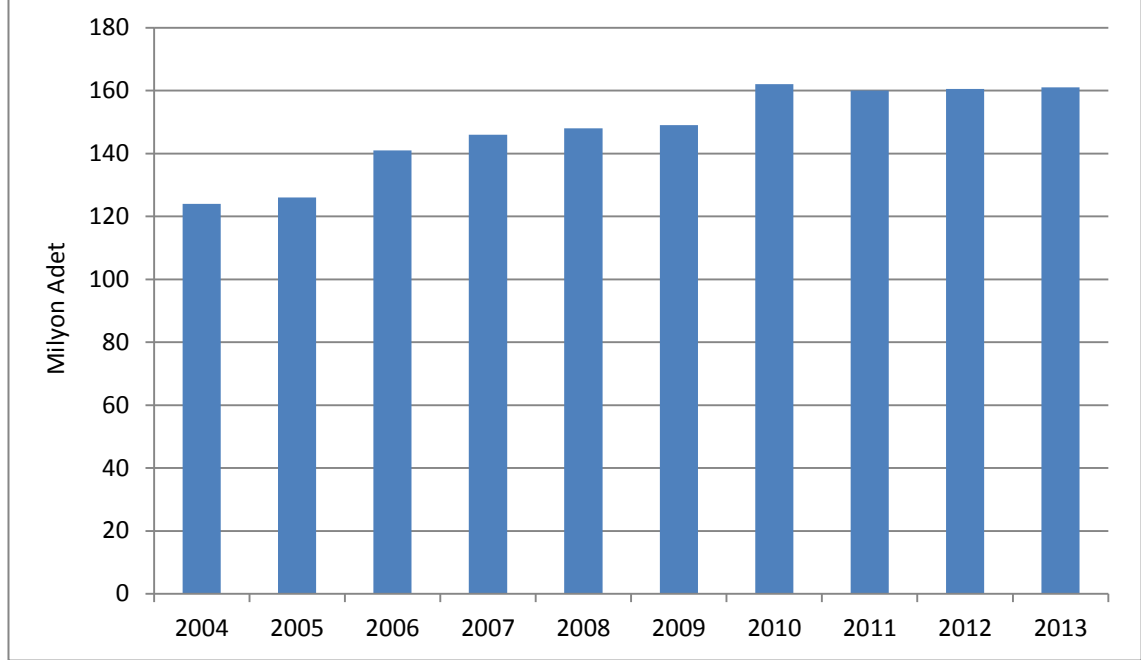
**Şekil 3.2.** Zeytinin temizleme ve aktarma işlemi

Toplanan zeytinler Şekil 3.3. de gösterilen işlem basamaklarından geçirilmiş ve yağ elde edilmiştir.



**Şekil 3.3.** Zeytinyağı üretiminin işlem basamakları

Ülkemizde 2013 yılı verilerine göre Türkiye'deki zeytin ağacı sayısı yıllar itibariyle Şekil 3.4. de verilmiştir.



Şekil 3.4. Yıllar itibariyle Türkiye'deki toplam zeytin ağacı sayısı (Anonim 2014)

### 3.1.2. Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizelin üretilmesi

Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizelin üretilmesi sırasında reaksiyonun tamamlanabilmesi için 1-8 saat arasında bir süreye ihtiyaç vardır. Bunun sebebi kullanılan yağın kalitesi, katalizör ve alkol miktarı ve sıcaklığın sabit tutulması değişkenlerine bağlıdır. Bu yüzden üretim kesintiye uğramaktadır. Bu tür tesislere kesikli üretim yapan biyodizel tesisi denmektedir. Eğer süreç devamlı işletilmek istenirse sisteme ek ekipmanlar ve depolama tankları eklenerek sürekli üretim yapılabilir.

Yüksek lisans tezi kapsamında imal edilen laboratuvar ölçekli biyodizel tesisi kesikli üretim yapan bir biyodizel tesisine örnektir.

### **3.1.3. Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisi**

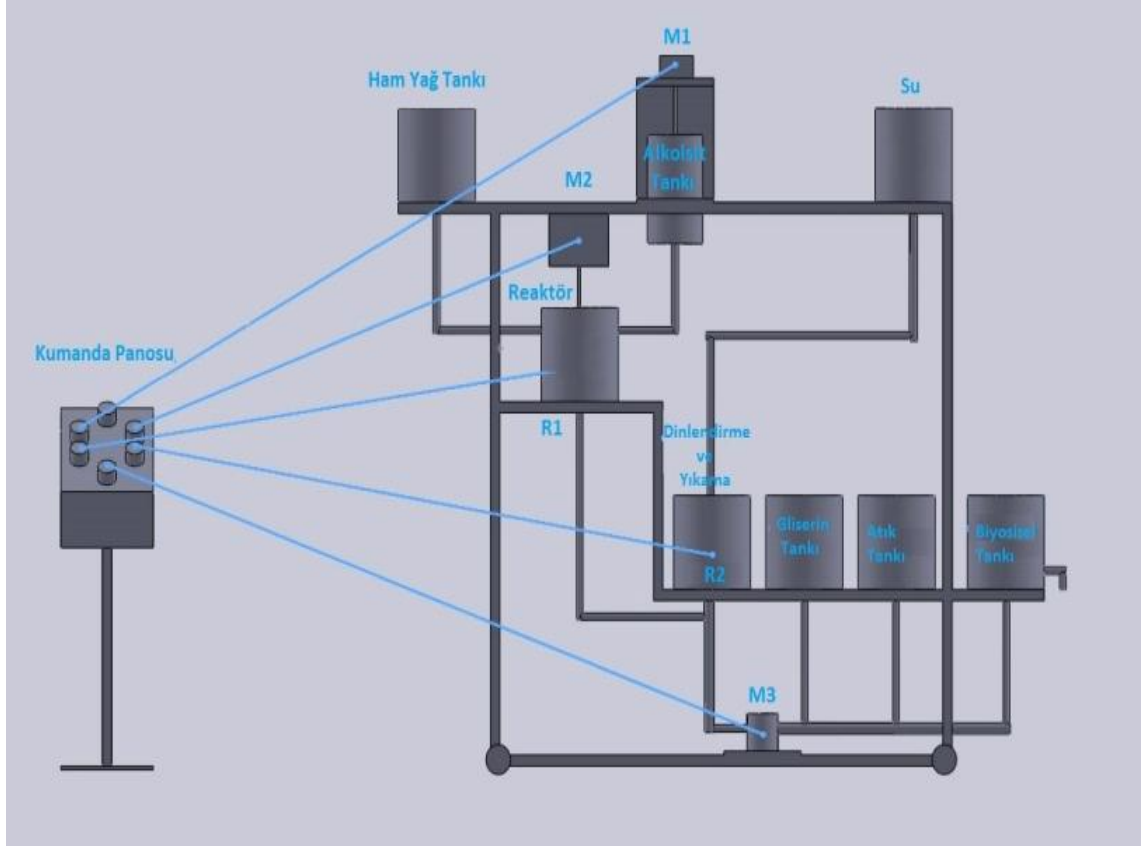
Günümüzde biyodizel üretiminde en çok kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Bunun sebebi bu yöntemde biyodizelin üretiminin basit ve istenilen kapasitede ürün alınabilmesidir. Fakat bu üretim şeklinde gözden kaçırılan bu işlemin kimyasal bir reaksiyon olduğu ve bu reaksiyon sırasında oluşan su ve gliserinin biyodizel yakıtından tam olarak uzaklaştırılmamasıdır.

Bu tesisin imalat amacı biyodizel üretimi esnasında meydana gelen olumsuzlukları en aza indirerek TS EN 14214 normunda küçük hacimde biyodizel üretmektir.

### **3.1.4. Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisinin imalatı**

Bitkisel ve hayvansal yağlardan biyodizel üretmek amacıyla Uludağ Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Tarım Makinaları Laboratuvarı'nda bulunan üretim tesisi saatte 10 litre üretim yapabilecek kapasitededir. Sistemde ham yağ tankına ve metoksit tankına gerekli ürünler konulduktan sonra sistem manuel olarak kontrol edilerek son ürün olarak biyodizel elde edilmektedir. Şekil 3.5. de verilen laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisi aşağıda belirtilen kısımlardan oluşmaktadır. Bunlar;

- 11 litre kapasiteli ham yağ tankı,
- 11 litre kapasiteli reaktör,
- 11 litre kapasiteli (dinlendirme ) tankı,
- 6 litre kapasiteli metoksit tankı,
- 11 litre kapasiteli saf su tankı,
- 11 litre kapasiteli gliserol tankı,
- 11 litre kapasiteli atık su tankı,
- 11 litre kapasiteli biyodizel tankı,



**Şekil 3.5.** Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisi

Laboratuvar Ölçekli Biyodizel Üretim Tesisinde gerekli kontrol işlemlerini gerçekleştirmek için aşağıda belirtilen kumanda elemanları kullanılmıştır.

- 2 adet DC motor (reaktör ve metoksit tankı mikserlerini çalıştırmak için)
- 1 adet AC motor (ürün pompalamak için)
- 2 adet ısıtıcı (reaktör ve yıkama tankı için)
- 2 adet termometre (reaktör ve yıkama tankı sıcaklık ölçümünde)
- 2 adet termostat (reaktör ve yıkama tankı sıcaklığını kontrol altında tutmak için)

### 3.1.5. Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisinin gövde imalatı

Uludağ Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Tarım Makinaları Laboratuvarında bulunan ve teknik resim olarak ve resim olarak Şekil 3.6. de gösterilen biyodizel üretim tesisinin gövdesi 30x30x2 mm paslanmaz profilden imal edilmiştir. Paslanmaz malzeme seçiminin nedeni biyodizel üretiminde kullanılan malzemenin asit özelliklerinden dolayı gövdeye zarar vermemesini sağlamaktır.



**Şekil 3.6.** Laboratuvar ölçekli biyodizel tesisinin gövdesi

### 3.1.6. Reaktör tankı

Biyodizel üretiminde kullanılan laboratuvar ölçekli bu tesisin en önemli parçası olan reaktör 304 18/10 kalite paslanmaz çelik gövdeye, 1.2 mm kalınlığa ve 11 lt hacme sahiptir. Paslanmaz gövde sayesinde metanol katalizörün ve yağ bileşiminde bazik bir yapı olarak içinde bulunduğu kabın malzemesi ile reaksiyona girmesini engellemektir. Reaktör tankının tabanı konik olarak imal edilmiştir bunun sebebi bitkisel yağdan gliserinin ve atık malzemenin kolay bir şekilde ayrıştırmaktır. Reaktörün ısıtılması için 1000 W'lık ısıtıcı kullanılmış, ayrıca ısı derecesinin sabit tutulması için otomatik kontrollü termostat monte edilmiştir. Reaktörün üst, yan ve altında bulunan bağlantı parçaları paslanmaz 1/2 inç rekorlardan ve vanalardan oluşmaktadır. Şekil 3.7. de reaktöre ait resimler verilmiştir.



**Şekil 3.7.** Reaktöre ait resimler



### 3.1.7. Metoksit tankı

Şekil 3.8. de verilen metoksit tankı biyodizel üretimi sırasında kullanılan etil veya metil alkol ile katalizörün karıştırıldığı 6 lt hacminde 304 18/10 kalite paslanmaz çelik gövdeye sahip bir tanktır. Metoksit tankında hazırlanan karışım reaktöre 1/2 inç vana ve bağlantı hortumları ile aktarılmaktadır.



Şekil 3.8. Metoksit tankı

### 3.1.8. Elektrikli ısıtıcı

Şekil 3.9. de görüldüğü gibi 1000 W gücünde krom nikel kaplı 2 adet ısıtıcı, reaktör ve dinlenme tankında kullanılmış ve bunların kontrolleri otomatik kontrollü termostatlar ile sağlanmıştır.



Şekil 3.9. Isıtıcı ve reaktördeki görünümü

### 3.1.9. Termostatlar ve termometre

Sistemdeki ısıtıcı rezistansları kontrol etmek amaçlı iki adet termostat kullanılmıştır. Bunların birincisi reaktörde rezistans içerisine yerleştirilmiş olup (+) , (-) 1 °C hassasiyetli, manşonlu ve 0 – 80 °C sıcaklıkları arasında çalışmaktadır. İkinci termostat ise dinleme tankında spiral türde olup hassasiyeti (+) , (-) 2 °C dir. Termostat 0 – 120 °C sıcaklıkları aralığında çalışmaktadır. Bu iki termostata ait resimler Şekil 3.10. da verilmiştir.



Şekil 3.10. Termostatlara ait resimler

Sistemdeki ısıyı görmek için iki adet 0-120°C aralığında çalışan termometre kullanılmıştır. Kullanılan termometrelere ait resimler Şekil 3.11. de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Termometreler

### 3.1.10. Pompa

Sistemde biyodizelin ve yan ürün olarak oluşan gliserin ve atık maddenin diğer tanklara aktarılması için 0.5 HP gücünde ve 1/2 inç çıkışlı emiş pompası kullanılmıştır. Pompa Şekil 3.12. de gösterilmiştir.



**Şekil 3.12.** Pompa

### **3.1.11. Elektrik panosu**

Elektrik panosunda 1 adet açma kapama şalteri, iki adet M1 ve M2 olarak isimlendirilen 12 volt üç kademe elektrik motoruna kumanda eden şalter, bu motorlara 220 voltu 12 volta düşüren trafo, bu trafoya kumanda eden kontaktör bulunmakta ayrıca pano içinde iki adet ısıtıcıları çalıştıran pako şalter ve emiş pompasını çalıştıran 220 volt şalter mevcuttur. Reaktör tankı ve dinlendirme tankı içerisinde bulunan ısıtma amaçlı kullanılan rezistanslara kumanda eden termostatların kontrolleri panodan otomatik olarak yapılmaktadır. Şekil 3.13. de elektrik kumanda panosu gösterilmiştir.



**Şekil 3.13.** Elektrik kumanda panosu

Yukarıda gösterilen tüm ekipmanlar paslanmaz gövde üzerine teknik resimde olduğu gibi yerleştirilerek laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisi kurulmuştur. Tez kapsamında geliştirilen laboratuvar ölçekli biyodizel tesisi Şekil 3.14. de gösterilmiştir.



**Şekil 3.14.** Laboratuvar ölçekli biyodizel üretim tesisi

### **3.1.12. Kullanılan kimyasallar ve yağlar**

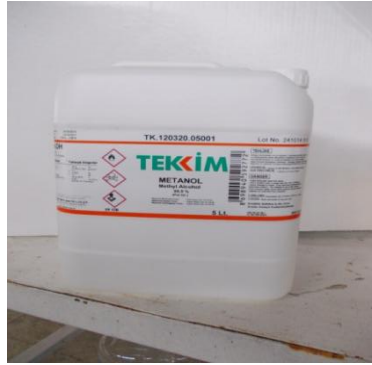
Biyodizel üretiminde temel olarak üzerinde çalışılan yağ yabancı zeytinyağı olmakla birlikte sistemin tüm yağlarda çalışabildiğini görebilmek için üniversitemizin içinde bulunan kantinden temin edilen atık kızartma yağı yine Bursa’da bulunan bir yağ fabrikasından temin edilen rafine edilmemiş ayçiçek yağı ve piyasadan temin edilmiş rafine edilmiş zeytinyağı kullanılmıştır.

#### **Metanol**

Yapılan çalışmalarda alkol olarak teknik özellikleri Çizelge 3.1. de verilen %99,9 saflıkta bölgemizde bulunan bir kimya firmasından temin edilen metil alkol (metanol) kullanılmıştır. Şekil 3.15. de 5 lt’lik bidonlarda pazarlanan metanol gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri

Safılık	%99.9
Molekül Ağırlığı	32.04 g/mol
Fiziksel Görünüş	Berrak tortusuz
Renk	Renksiz
Koku	Karakteristik kokulu
Kaynama Noktası	64.4-64.8 °C
Erime noktası	-98 °C
Yoğunluk	0.790-0.793g/cm <sup>3</sup>
Suda Çözünürlük	Tamamen
Asidite	%0.005
Dinamik viskozite (20 °C)	0.60 mm <sup>2</sup> /s



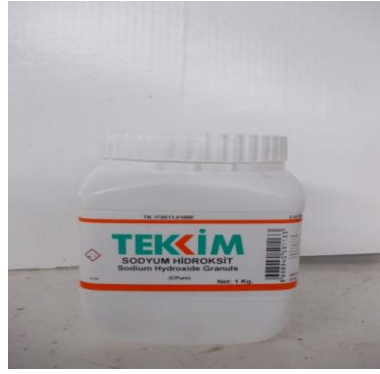
**Şekil 3.15.** Biyodizel üretiminde kullanılan 5lt'lik metanol

### Sodyum hidroksit

Bu çalışmada katalizör olarak yine bölgemizdeki bir kimya firmasından temin edilen ve Çizelge 3.2. deki tabloda teknik özellikleri verilen sodyum hidroksit kullanılmıştır. Kullanılan sodyum hidroksit 1 kg'lık plastik kaptı muhafaza edilmektedir. Şekil 3.16. da 1 kg'lık ambalajında pazarlanan sodyum hidroksit gösterilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Sodyum hidroksitin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fiziksel Görünüş	Katı
Renk	Renksiz
Koku	Kokusuz
Yoğunluk (20 C <sup>0</sup> de)	~ 2.13 g/cm <sup>3</sup>
Çözünürlük (20 C <sup>0</sup> de)	~1090 g/l
Parlama Noktası	Uygulanamaz
Erime Noktası	323 <sup>0</sup> C
pH (20 C <sup>0</sup> de)	~14 (56 g/lH <sub>2</sub> O)



**Şekil 3.16.** Biyodizel üretiminde kullanılan sodyum hidroksit

### 3.1.13. Dijital Terazi

Biyodizel üretiminde kimyasal reaksiyonda katalizör olarak kullanılan sodyum hidroksit (NaOH) 1/1000 hassasiyetli Şekil 3.17. de gösterilen dijital terazi ile ölçülmüştür.



**Şekil 3.17.** Dijital terazi

### 3.2. Yöntem

Laboratuvar ölçekli biyodizel üretme amaçlı hazırlanan bu tesiste transesterifikasyon yöntemi kullanılarak ön testler yapılmış bu testlerde atık kızartma yağı, rafine edilmemiş ayçiçek yağı ve rafine edilmiş zeytinyağı kullanılmıştır. Bu yağlardan elde edilen biyodizellerin en önemli yakıt özelliği olan viskozite ve özgül ağırlık değerleri belirlenmiştir. İlk uygulama materyali olarak atık kızartma yağı kullanılmış üretim sırasında her 1 litre yağ için 200 ml metil alkol ve 3,5 gr sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır. Reaksiyonun tam olarak tamamlanabilmesi için sistem 60<sup>0</sup>C sıcaklıkta sabit tutularak 1 saat boyunca karıştırılmış ve 8 saat dinlendirilerek gliserin ve atık maddelerin çökmesi tam olarak sağlanmıştır. Çöken gliserin ve atık materyal emiş pompası vasıtasıyla karışımdan alınmış son olarak yıkama ve kurutma işlemleri yapılarak biyodizel elde edilmiştir. Üretimin ilk aşamasında üretilen biyodizelde renk ve görünüm açısından olumsuzluklar gözlenmiş sodyum hidroksit (NaOH) oranı artırılarak en uygun oranın 1lt atık yağ için 5gr sodyum hidroksit (NaOH) ve 250 ml metil alkol olduğu tespit edilmiştir.

İkinci aşamada bölgemizdeki bir yağ fabrikasından temin edilen rafine edilmemiş ayçiçek yağı kullanılmış ve oranlar 1 litre yağ için 200 ml metil alkol ve 3,5 gr sodyum hidroksit (NaOH) olarak tatbik edilmiş ve gözle muayenede olumlu sonuç bu oranda alınmıştır.

Üçüncü materyal olarak rafine edilmiş zeytinyağı kullanılmış ve oranlar 1 litre yağ için 200 ml metil alkol ve 3,5 gr sodyum hidroksit (NaOH) olarak tatbik edilmiş kullanılan bu oranlar en iyi sonucu vermiştir. Laboratuvar ölçekli imal edilen bu tesiste üretilen bu üç materyale ait biyodizel örnekleri Şekil 3.18. de verilmiştir.

Bu üç yağdan elde edilen biyodizellerin viskozite ve özgül ağırlık değerlerinin istenilen değerlerde olduğu görülerek yabani zeytinyağından elde edilen biyodizel üretilmiştir. Üretilen bu biyodizel örneğinden 5 yakıt özelliğine ilişkin testler yapılmıştır. Bunlar viskozite, özgül ağırlık, parlama noktası, iyot sayısı ve ısıl değerleridir. Testlerin tamamı Konya Selçuk Üniversitesi Tarım Makinaları Laboratuvarında yapılmıştır.



**Şekil 3.18.** Atık kızartma yağı, rafine edilmemiş ayçiçek yağı ve rafine zeytinyağına ait biyodizel örnekleri



Son materyal olarak yabancı zeytinyağı kullanılmıştır. Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizelin üretimi sırasında yağın içindeki doymuş yağ oranı biyodizelin kalitesini etkileyen temel parametrelerden birisi olduğu için yabancı zeytinyağının yağ asitleri kompozisyonu TÜBİTAK Bursa şubesinde teste tabi tutulmuştur (Ek 1). Yabancı zeytinyağının yağ asitleri kompozisyonu Çizelge 3.3. de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Yabancı zeytinyağının yağ asitleri kompozisyonu (Ek 1)

Yağ asitleri	Yağ asitleri kompozisyonu (%)
Palmitik (C16:0)	12.10
Stearik (C18:0)	3.00
Araşhidik (C20:0)	0.42
Behenik (C22:0)	< 0.05
Lignoserik (C24:0)	< 0.05
Palmitoleik (C16:1)	1.22
Oleik (C18:1)	71.85
Linoleik (C18:2)	8.20
Linolenik (C18:3)	0.71
Erusik (C22:1)	< 0.05
Miristik (C14:0)	< 0.05
Miristoleik (C14:1)	< 0.05
Heptadekonoik (C17:0)	0.12
Heptadesenoik (C17:1)	0.24
Nervonik (C24:1)	1.13
<b>Toplam doymuş yağ asitleri</b>	<b>15.79</b>
<b>Toplam doymamış yağ asitleri</b>	<b>84.21</b>

Yağ asitleri analizi sonucunda yabancı zeytinyağının % 15,79'u doymuş ve % 84,21 oranında doymamış yağ asitlerinden oluştuğu belirlenmiştir. Doymamış yağ asitleri içerisinde en yüksek oranı % 71,85 ile oleik asit oluşturmuş, bunu % 8,20 ile linoleik asit izlemiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde ise en yüksek oranı % 12,10 ile palmitik asit almaktadır.

Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizelin üretimi sırasında yağın içindeki su istenmeyen ikinci parametredir bu faktörün etkisini en aza indirmek için yabancı zeytinyağı 110<sup>0</sup>C'ye kadar ısıtılmış ve bu sıcaklık değerinde 2 saat bekletilmiştir.

Sıcaklık 60<sup>0</sup>C'ye indiğinde diğ er materyallerde oldu ğ u gibi 1 litre ya ğ için 200 ml metil alkol ve 3,5 gr sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır.

Uygulanan oranların sabunlaştırmayı arttırdı ğ ı gözlemlenmiş bunun sebebi olarak transesterifikasyon işleminde olumsuzluk yaratan diğ er parametre olan serbest ya ğ asidi oranı incelenmiş ve ürünün asitli ğ inin normal de ğ erlerin üzerinde oldu ğ u saptanmıştır. Bunun üzerine ürün ikinci bir reaksiyona sokularak sodyum hidroksit ve metil alkol oranları % 50 arttırılarak biyodizel üretilmiştir.

Yabani zeytinya ğ ından biyodizel üretimi sırasında karşılaşılan sabunlaşma sorununa ait örnekler Ő ekil 3.19. da gösterilmiştir. Elde edilen bu ürünün yeniden reaksiyona sokulması sonucu elde edilen yabani zeytinya ğ ı biyodizeline ait örnek Ő ekil 3.20. de verilmiştir.



**Ő ekil 3.19.** Sabunlaşma sorunu yaşanan yabani zeytinya ğ ı biyodizeli



**Şekil 3.20.** Üretilen yabani zeytinyağı biyodizeli

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Laboratuvar ölçekli biyodizel üretmek amaçlı imal edilen bu tesiste transesterifikasyon yöntemi kullanılarak atık kızartma yağlarından, rafine edilmemiş ayçiçek yağından, rafine edilmiş zeytinyağından üretilen biyodizel numunelerinden alınan örnekler iki önemli yakıt özelliği olan özgül ağırlık ve viskozite açısından test edilmiştir. Testler Konya Selçuk Üniversitesi Tarım Makinaları Bölümünde bulunan biyodizel test laboratuvarında yapılmıştır. Numunelerin özgül ağırlık bakımından TS EN 14214 normuna uygun olduğu görülmüştür. Viskozite bakımından TS EN 14214 normuna yakın olduğu fakat norm sınır değerleri içerisinde olmadığı ancak viskozite değerlerinin U.S Kalite Spesifikasyonu NBB/ASTM ye göre sınır değerlerde olduğu görülmüştür. Numunelere ilişkin özgül ağırlık ve viskozite testlerinin sonuçları Çizelge 4.1. de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Kızartma yağından, rafine edilmemiş ayçiçek yağı ve rafine edilmiş zeytinyağından üretilen biyodizellere ait özgül ağırlık ve viskozite değerleri

Biyodizel	Atık Yağ Biyodizeli	Rafine Edilmemiş Ayçiçek yağı Biyodizeli	Rafine Edilmiş Zeytinyağı Biyodizeli
Özgül ağırlık(g/cm <sup>3</sup> ) 15 <sup>0</sup> C	0.889	0.891	0.880
Kinematik Viskozite (mm <sup>2</sup> /s) 40 <sup>0</sup> C	5.54	6.0	5.2

Yabani zeytinyağından üretilen biyodizelin yakıt testleri, Konya Selçuk Üniversitesi Tarım Makinaları Bölümünde bulunan biyodizel test laboratuvarında yapılmıştır. Yapılan testlere ait sonuçlar standart değerlerle karşılaştırılmalı olarak Çizelge 4.2. de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Yabani zeytinyağı biyodizeline ait test sonuçlarının standartlara göre karşılaştırılması

	Parlama noktası (°C)		Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> ) (15 °C) de		Kinematik viskozite (mm <sup>2</sup> /s) (40 °C) de		İyot sayısı g iyot /100g		Isıl Değer (kJ/kg)	
	Yabani zeytinyağı biyodizeli	60	min. 55 (C1190)	0.883	0.86-0.90 (TS EN 14214)	4.93	3.5-5.0 (TS EN 14214)	82	max.120 (TS EN 14214)	41300

Yapılan testler sonucunda sadece parlama noktası değerinin TS 14214 de uygun olmadığı bu değerinde Avusturya test standartları C 1190'a göre uygun olduğu özgül ağırlık, kinematik viskozite, iyot sayısı ve ısıl değeri bakımından TS EN 14214 standart değerlerinde olduğu saptanmıştır.

Parlama noktasının düşük çıkmasının ana nedeninin biyodizelin içerisindeki metil alkol fazlalığı olarak saptanmıştır. Metil alkolün geri kazanımı içi sisteme bir yoğunlaştırıcının eklenmesi gerekliliği belirlenmiştir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada transesterifikasyon yöntemi kullanılarak atık kızartma yağından, rafine edilmemiş ayçiçek yağından, rafine edilmiş zeytinyağından ve yabani zeytinyağından biyodizeller üretilmiştir. Atık kızartma yağından, rafine edilmemiş ayçiçek yağından, rafine edilmiş zeytinyağından üretilen biyodizellerin kinematik viskozite ve özgül ağırlık değerleri teste tabi tutulmuştur. Atık kızartma yağı, rafine edilmemiş ayçiçek yağı ve rafine edilmiş zeytinyağından elde edilen biyodizellerin kinematik viskozitesi sırası ile  $5.54 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $6.0 \text{ mm}^2/\text{s}$  ve  $5.2 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak tespit edilmiştir. Özgül ağırlık değerleri ise sırası ile  $0.889 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.891 \text{ g/cm}^3$  ve  $0.880 \text{ g/cm}^3$  olarak bulunmuştur. Yabani zeytinyağından üretilen biyodizelde ise kinematik viskozite ve özgül ağırlığın yanısıra parlama noktası, iyot sayısı ve ısıl değerine bakılmış olup elde edilen değerler sırasıyla  $4.93 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $0.883 \text{ g/cm}^3$ ,  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $82 \text{ g iyot}/100 \text{ g}$ ,  $41300 \text{ kJ/kg}$  olarak tespit edilmiştir.

Parlama noktasının düşük çıkmasının ana nedeni biyodizelin içerisindeki metil alkol fazlalığıdır. Metil alkolün geri kazanımı için sisteme bir yoğunlaştırıcının eklenmesi gerekmektedir.

Yabani zeytinyağı biyodizeli üretimi yapılabilmesi için bu yağın yüksek asitliğinin azaltılması bunun içinde rafine edilmesi daha sonra biyodizel üretimine geçilmesi gerekliliği belirlenmiştir.

Yapılan araştırmaların sonucunda asitliği yüksek yağların gıda olarak işlenememesi nedeniyle yağ fabrikalarınca bu tür yağların İzmir ilinde bulunan bir yağ fabrikasında toplandığı ve burada rafine edilerek asitliği azaltıldıktan sonra gıda ve kozmetik sanayine verildiği belirlenmiştir.

Laboratuvar ölçekli üretim yapan bu gibi az miktarda yabani zeytinyağı biyodizelini üretecek sistemler için rafinerizasyon işlemini yapacak küçük ölçekli bir tesisin projelendirilmesine ihtiyaç vardır.

Ülkemiz ormanlar bakımından zengin bir ülkedir orman arazileri içinde kızılçam ormanları içinde bulunan yabani zeytin ekonomik olarak değeri olmayan yağ oranı yüksek bir materyaldir. Bu materyal biyodizel yapımında kullanılabilir.

Sistemin testleri yapılan atık kızartma yağı, rafine edilmemiş ayçiçek yağı, rafine edilmiş zeytinyağı ve yabani zeytinyağı biyodizelleri yanında diğer yağ türlerinin testlerinde de benzer sonuçları verip vermediği araştırılabilir.

Kurulan sistemin bir test laboratuvarı ile entegre edilmesi bilimsel çalışmalarda önemli katkı sağlayabilir.

Orman Bakanlığı ile ortak bir çalışma yapılarak yabani zeytin ağacı potansiyeli belirlenebilir.

Biyodizel bitkisel ve hayvansal yağ kaynaklarının değerlendirilmesi için önemli bir alternatiftir. Bu yüzden ormanlarımızda yağ temin edilebilecek kaynaklar olabileceği açıktır. Bu kaynakların açığa çıkarılması sağlanabilir.

Raf ömrü dolmuş olan zeytinyağları İspanya'daki örneği gibi Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından toplatılarak biyodizele dönüştürülebilir.

Laboratuvar ölçekli imal edilen bu tesisin daha verimli çalışabilmesi ve üretilen biyodizelin TS EN 14214 normunda üretim yapılabilmesi için sistem PLC kontrol ünitesi ile desteklenebilir. Sistem üzerinde bulunan vanaların renk ve viskozite sensörleri tarafından kontrol edilmesi yakıt kalitesini arttırabilir.

Bu tesiste üretilen yabani zeytinyağı biyodizelinin TS EN 14214 normuna tam anlamıyla uygunluğunun belirlenmesi için incelenen beş parametresi yanında diğer parametrelerinin de teste tabi tutulması gereklidir.

Bu tesiste üretilen biyodizellerin yakıt olarak motorlarda yakılarak performans testleri yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- Adıyaman, A., Günay, S. 2007.** Türkiye’de yüksek tarım maliyeti sorununun çözümünde biyodizelin yeri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 13(19):105-122.
- Akçay, H.T. 2006.** Bazı bitkisel yağlardan biyodizel üretimi. *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Trabzon.
- Aktaş, A., Şahin Ö. 2009.** Dizel/Biyodizel Karışımı İle Çalışan Bir Motorun Performans Ve Emisyonlarını İyileştirmek İçin Hidrojen Kullanılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14 (1): 87-97.
- Aktaş, A. Özer, S. 2014.** Ham pirina yağının biyodizel potansiyelinin araştırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 9 (1):132-139.
- Alibaş,K., Ulusoy, Y. 1995.** Bitkisel yağların diesel motorlarda yakıt olarak kullanım olanakları tarımsal mekanizasyon. 16. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Bursa. ISBN975-7657-91-3:147-156.
- Altıparmak, D., Keskin, A., Gürü, M. 2004.** Ayçiçek yağı metil esterinin dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımı. 8. Uluslararası Yanma Sempozyumu, 7-8 Eylül, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Altuntaş, A. 2006.** Hardal yağı biyodizelinde depolama süresi ve şartlarının yakıt özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Anabilim Dalı, Konya.
- Anonim, 2013.** Türkiye’de enerji (2012-2013), Yayın No:2014, Ankara.
- Anonim, 2014 a.** Sürdürülebilir enerji (2014) Yayın No:2014, Ankara.
- Anonim, 2014 b.** Biyodizel ve petrol dizel yakıt özellikleri. <http://www.albiyobir.org.tr/biyoyakitlar.htm> (Erişim tarihi:12.03.2014).
- Anonim, 2014 c.** Heterogeneous catalysis for sustainable biodiesel production via esterification and transesterification. <http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/cs/c4cs00189c?page=search> (Erişim tarihi:10.04.2014).
- Anonim, 2014 d.** Dünyada üretilen biyodizelin ülkelere göre dağılımı <http://www.albiyobir.org.tr/biyoyakitlar.htm> (Erişim tarihi:11.05.2014).
- Anonim, 2014 e.** Biyodizel <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx> (Erişim tarihi:09.05.2014).



**Anonim, 2014 f.** Türkiye'nin zeytin ağacı potansiyeli <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler> (Erişim tarihi:08.04.2015).

**Anonim 2014 g.** Biyodizel Çevresel Özellikleri <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx> (Erişim tarihi: 01.04.2015).

**Anonim 2015** Orman Genel Müdürlüğü, [http://web.ogm.gov.tr/birimler/merkez/silvikultur/Dokumanlar/RAPORLAR/Genel\\_Raporlar](http://web.ogm.gov.tr/birimler/merkez/silvikultur/Dokumanlar/RAPORLAR/Genel_Raporlar) (Erişim tarihi: 08.02.2015).

**Atabey, E. 2009.** Farklı ekim zamanlarının aspir çeşitlerinde bazı tarımsal özellikleri ve biyodizel kalitesi üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.

**Aybastier, Ö. 2010.** Bitkisel atık yağların karakterizasyonu ve biyodizel üretiminde değerlendirilmesini. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Bursa.

**Aydın, S., Aydın, H., İlkılıç, C. 2012.** Biyodizelin hava kirliliğine etkisi. Batman University International Participated Science and Culture Symposium, 18-20 April, 2012, Batman, Turkey.

**Aydın,A., Keskin,A. 2000.** Dizel motorlarda motorin, bitkisel yağlar ve alkol karışımlarının performans ve emisyonuna etkilerinin araştırılması. Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü 5.Ulusal Sempozyumu, 19-21 Haziran, Elazığ.

**Aydın,E., Eryılmaz, T . Cesur, C. Yeşilyurt, M. 2014.** Aspir (*Carthamustinctorius L.*), Remzibey-05 Tohum Yağı Metil Esteri: Potansiyel Dizel Motor Uygulamaları için Yakıt Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1): 85–90.

**Aydın, F. 2014.** E-5 Motorin yakıtlarının tek silindirli bir dizel motorda kullanımının motor performansına, emisyonlara ve yağlama yağlarına etkileri. *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Konya.

**Azcan,N., Danışman, A. 2006.** Pamuk Yağından Transesterifikasyon ile Biyodizel Üretimi. Yedinci Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 5-8 Eylül 2006, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

**Başer,E., Aybek, A. 2009.** Tarım traktörlerinde biyodizel kullanımının çeki gücü performansına etkisinin belirlenmesi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2):37-43.

**Behçet, R.,Aydın, S., Çakmak, A. 2012.** Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağlardan Üretilen Biyodizellerin Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması, *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2(4): 55-62.

**Bertran, B.L. 2009.** İspanya'da ve Türkiye'de biyodizel maliyet analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Connemann, J.,J.Fisher, 1998.** Biodiesel in Europe 1998-Biodiesel Processing Technologies. International Liquid Biofuels Congress, July 19-22, 1998, Curitiba – Parana, Brazil.

**Çalışkan, Ö., Odabaş, M.S., Çamaş, N. 2009.** Tütün (Nicotiana tabacum L.) Tohumunun Biyoyakıt Olarak Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (2):46-55.

**Çallı, M. 2004.** Fındık ham yağından transesterifikasyon ile biyodizel üretimi ve reaksiyon kinetiği ile ilgili parametre çalışması. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

**Çanakçı, M., Van Gerpen, J., 2001.** Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *American Society of Agricultural Engineers*, 44(6): 1429–1436.

**Çelikten, İ., Mutlu, E., Solmaz, H, 2012.** Variation of performance and emission characteristics of diesel engine fueled with diesel rapeseed oil and hazelnut oil methyl ester blends. *Renewable Energy*, 48, 122-126.

**Çengelci, E., Bayrakçeken, H., Aksoy, F. 2011.** Bir dizel motorunda hayvansal yağ metil esterleri kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkisi. *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 3(1): 41-53.

**Çingür, Y.,Yamık, H. 2003.** Metil ve Etil Esterin Dizel Yakıtı Olarak Kullanılma imkanlarının Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 6(2): 459-464.

**Demir, C. 2006.** Biyodizel Standartları ve Analiz Yöntemleri. *Biyoyakıt Dünyası Dergisi*. 1:48-49.

**Dorado, M.P.,Ballesteros, E., Arnal, J.M., Gomez, J. and Lopez, F.J. 2003.** Exhaust emissions from a diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. *Fuel*, 82, 1311-1315.

**Ejder, S.B. 2007.** Etanol-dizel, biyodizel-dizel yakıt karışımlarının kullanımının motor performansına deneysel araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Erdoğan,D., Eliçin, K. Saçılık, K. 2007.** Haşhaş yağının bir dizel motorda kullanım olanaklarının belirlenmesi. *Tarım Makineleri Bilim Dergisi*. 3 (3):137 – 144.

**Erdogan D., Onurbas, A. 1994.** Küçük güçlü bir dizel motorunun yakıt olarak kullanılan bazı bitkisel yağlarda ölçülen performans değerleri. *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı*. 44 (1-2): 7-16.

**Eryılmaz, T., Yeşilyurt, M., K., Cesur, C., Yumak, H., Aydın, E., Çelik, S. A., Yıldız, A. K. 2014.** Yozgat ili şartlarında yetiştirilen aspir (carthamustinctorius l.) dinçer çeşidinden üretilen biyodizelin yakıt özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 31 (1): 63-72.

**Güler, K. 2008.** Biyodizel teknolojisi, sistem tasarımı ve deneysel olarak biyodizel üretimi. *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Anabilim Dalı, Isparta.

**Gülüm, M. 2014.** Çeşitli üretim parametrelerinin mısır ve fındık yağından üretilen biyodizellerin önemli yakıt özelliklerine etkilerinin deneysel olarak incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Anabilim Dalı, Trabzon.

**Güven, Ö., Aktaş T., Kılıç, E. 2010.** Türkiye koşullarında üretilen biyodizelin bazı özelliklerinin standartlara uygunluğunun ve yakıt püskürtme miktarı üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 7 (2):167-177.

**İlhan, P. 2007.** Çay tohumu yağının biyodizel üretiminde değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

**İşler, A. 2012.** Aspir yağı etil ester ve yaşam döngüsü değerlendirilmesi. *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

**Kafadar, A. B. 2010.** Yağlardan biyodizel eldesine etki eden faktörlerin araştırılması *Doktora Tezi*, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Diyarbakır.

**Karabaş, H. 2013.** Ayçiçek yağı biyodizelinin ester dönüşüm oranı üzerine etkili olan parametrelerin optimizasyonu. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.10(1):1-5.

**Karabektaş, M.,Ergen, G. 2007.** Soya yağı metil esterinin motor performans karakteristikleri ve NOx emisyonları üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 11(1):21-26.

**Kareabektaş, M.,Saraç, H.İ. 2002.** Alternatif dizel motor yakıtı olarak biyodizel yakıtının deneysel olarak incelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.6.Cilt, 2.Sayı

**Karaca, C. 2013.** Türkiye’de sürdürülebilir tarım politikaları tarım sektöründe atıl ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 19(1):1-11.

**Keskin, A. 2005.** Tall yağı esaslı biyodizel ve yakıt katkı maddesi üretimi ve bunların dizel motor performansı üzerine etkileri. *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.

**Koç, M.,Özil, E, Bilge, Z.,D. 2011.** Biyodizel üretimine uygun Türkiye’de yetişen ve yetiştirilecek bitkilerin ve biyodizel teknolojilerinin belirlenmesi. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma*, 29: 449-456.

**Körbitz, W. 1999.** Biodiesel production Europe and North America an encouraging prospect. *Renewable Energy* 16 :1078-1083.

**Ma, F. ve Hanna, M.A. 1999.** Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology*. 70 (1): 1-15.

**Narin, M. 2008.** Dünyada ve Türkiye’de Enerji Tarımı. 2. Ulusal İktisat Kongresi Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü İzmir, 20-22 Şubat 2008 İzmir ,Türkiye.

**Noda, H., Fukuda, H., Kondo,A. 2001.** Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 92(5):405-416.

**Noureddini, H., Harkey, D., Medikonduru, V. 1998.** Continuous process for the conversion of vegetable oils into methyl esters of fatty acids, JAOCS, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(12), 1775-1783.

**Oğuz, H., Eryılmaz, T., Öğüt, H., Demir, F. and Ciniviz, M., 2009.** A Research on the direct utilization of standart vegetable oils as a fuel in the dizel engine, *Journal of Agricultural Machinery Science*, 5 (1), 15-20.

**Öğüt, H., Oğuz, H. 2006.** Üçüncü Milenyum Yakıtı; Biyodizel, Nobel Yayınları, Ankara.

**Öğüt, H., Oğuz, H., Bacak, S., Aydın, F., Uygun, S., Arslan, Y., Subaşı, İ. 2014.** Peleminir biyodizelinin teknik özelliklerinin incelenmesi. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, Samsun.

**Özsezen, A.,N. Çanakçı, M. 2006.** Türkiye’de ve dünyada enerji tüketimi – biyodizel. Gap V. Mühendislik Kongresi, 26–28 Nisan 2006, Şanlıurfa.

**Ulusoy, Y.,Tekin. Y.,Çetinkaya,M, Karaosmanoglu, F. 2004.** The Engine Tests of Biodiesel from Used Frying Oil. *Energy Sources, Part A, Recovery utilization and Environmental Effects, Energy Sources*, 26 (10): 927-932.

**Usta,N., Can, Ö., Öztürk E. 2005.** Alternatif Dizel Motor Yakıtı Olarak Biyodizel ve Etanolün Karşılaştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(3): 325-334.

**Üstün, S. 2006.** Hayvansal yağlardan biyodizel elde edilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

**Raheman, H., Phadatare, A. G. 2004.** Diesel engine emissions and performance from blends of karanja methyl ester and diesel , *Biomass And Bioenergy* , 27:393-397.

**Sabancı A., Ören, M.N., Yaşar, B., Öztürk, H.H. ve Atal, M. 2010.** Türkiye’ de Biyodizel ve Biyoetanol Üretiminin Tarım Sektörü Açısından Değerlendirilmesi. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010.

**Şahin, S. 2013.** Keten yağı biyodizelinin ve motorinle karışımlarının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Konya.

**Schmidt, K., Van Gerpen, J. 1996.** The Effect of Biodiesel Fuel Composition on Diesel Combustion and Emissions. SAE Technical Paper 961086, 1996, doi:10.4271/961086.

**Söyler, H. 2011.** jp-8 ve biyodizel karışımlarının sıkıştırma ile ateşlemeli motorda yakıt olarak kullanılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük.

**Tillem, İ. 2005.** Dizel motorlar için alternatif yakıt olarak biyodizel üretimi ve kullanım. *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.

**Tüfekçioğlu, U. 2008.** Ormanlarımızın paylaşılmayan bitkisi yabancı zeytin(olea europea var. oleaster dc.)’nin işletilmesi ile ilgili rapor. OGM Raporu.

**Yaman, G. 2005.** Restoran atık yağlarından biyodizel üretimi. *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.

**Yamık, H. 2002.** Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Yağ Esterlerinin Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

**Yaşar, B. 2008.** Türkiye’de biyodizel üretim maliyeti ve yaşanan sorunlar. VII. Ulusal Temiz Enerji SempozyumuUTES’2008, 17-19 Aralık 2008, İstanbul.

**Yaşar, B. 2009.** Alternatif enerji kaynağı olarak biyodizel üretim ve kullanım olanaklarının Türkiye tarımı ve AB uyum süreci açısından değerlendirilmesi, *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.


**Yıldız, M. 2008.** Atık yağlardan biyodizel üretimi ve karakterizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.

**Yücel, Y. 2008.** Bazı enzimleri kullanarak biyodizel üretimi ve üretilen biyodizelin özelliklerinin analitik metotla incelenmesi. *Doktora Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Bursa.

**Zappi, M., Hernandez,R., Sparks,D., Horne,J., Brough,M., Swalm,D.C. 2003.** A Review of the Engineering Aspects of the Biodiesel Industry. MSU E-TECH Laboratory Report.

## EKLER

### EK.1. Yabani Zeytinyağı yağ asitleri bileşimi



TUBITAK  
**BUTAL**

Rapor Numarası 009092  
Rapor Çıkış Tarihi 04.02.2015

Sayfa 2/2

Deney Tarihi: 03.02.2015  
Numune Tanımı: Yabani Zeytinyağı


Yağ Asitleri Bileşimi

Yağ Asidi	Oran (%)	Oran (%)
Miristik (C14:0)	%	<0,05
Miristoleik (C14:1)	%	<0,05
Pentadekonoik (C15:0)	%	<0,05
cis-10Pentadekonoik (C15:1)	%	<0,05
Palmitik (C16:0)	%	12,10 ± 0,02
Palmitoleik (C16:1)	%	1,22 ± 0,01
Heptadekonoik (C17:0)	%	0,12 ± 0,01
Heptadesenoik (C17:1)	%	0,24 ± 0,01
Stearik (C18:0)	%	3,00 ± 0,01
Oleik (C18:1)	%	71,85 ± 0,18
Linoleik (C18:2)	%	8,20 ± 0,03
α-Linolenik (C18:3)	%	0,71 ± 0,07
Araşidik (C20:0)	%	0,42 ± 0,01
cis 11 Eicosapentanoik (C20:1n9)	%	0,26 ± 0,01
Araşidonik(C20:4n6)	%	<0,05
cis5,8,11 Eicosapentanoik Asit (C 20:5 n3)	%	<0,05
Behenik (C22:0)	%	<0,05
Erusik (C22:1n9)	%	<0,05
cis13,16 Docosadiok Asit (C22:2)	%	<0,05
Tricosanoic Acid (C23:0)	%	<0,05
Lignoserik (C24:0)	%	<0,05
Nervonik (C24:1) ve (C22:6 n3)	%	1,13 ± 0,01

TS 4664 EN ISO 5508


Tespit edilebilir Limit %0,05 olarak verilmiştir.

Deneyi Yapan/Yapanlar




Güler ÇELİK Araştırmacı

Deney Sorumlusu/Sorumluları



Güler ÇELİK Araştırmacı

Birim Sorumlusu



Mustafa H. YÜRKİMEN Başuzman TUBITAK

T-3.03.F01/Rev.00

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ARSLAN, Murat  
Uyruğu : T. C.  
Doğum tarihi : 14.04.1971  
Telefon : 0 (224) 512 34 93  
E-posta : arslanm@uludag.edu.tr

### Eğitim

Derece	Eğitim	Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Anadolu Üniversitesi	İşletme Bölümü	2002
Ön Lisans	Akdeniz Üniversitesi	Makine Bölümü	1992
Lise	Bandırma Teknik Lisesi	Makine Bölümü	1990

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Spor, Müzik, Gezi